

Etude et amélioration de la chaîne de valeur du miscanthus en Seine-Aval

Chloé Doublet, Arthur Deant, Nemo Benoit, Titouan Diserbeau,
Estelle Ta

Un projet dans le cadre du pôle 24 "Transition écologique et solidaire"



CentraleSupélec

CentraleSupélec
Septembre-Janvier 2025-2026

19 janvier 2026

Table des matières

1	Introduction	3
2	Le miscanthus	4
3	État des lieux de la filière en Seine-aval	6
3.0.1	Les acteurs et leurs interactions	6
3.0.2	les difficultés rencontrées par les acteurs de la filière	10
4	Exploration de nouveaux débouchés : test de flottabilité du mis-	12
	canthus	
4.1	Motivation	12
4.2	Objectifs pour le miscanthus	13
4.2.1	Comment est fabriquée une planche de surf	13
4.2.2	Structure de la planche envisagée	13
4.2.3	Apports du miscanthus	13
4.3	Construction de la planche	14
4.3.1	Protocole	14
4.3.2	Résultats	15
4.4	Objectifs de test avec la planche	15
4.5	Repenser la fabrication de la planche	16
5	Pistes d'amélioration de la filière	17
5.1	Développement de la filière du béton à base de miscanthus	17
5.1.1	Hypothèses du projet en Seine-Aval	17
5.1.2	Estimation des volumes de blocs nécessaires	18
5.1.3	Estimation du chiffre d'affaires de la filière	18
5.1.4	Recommandations de structuration de la filière	19
5.2	Développement de la filière des planches de padel, canoë, kayak et	
	aviron	21
5.2.1	Hypothèses du projet en Seine-Aval	21
5.2.2	Estimation du marché potentiel	21
5.2.3	Hypothèses de consommation de miscanthus	21
5.2.4	Projections économiques	22
5.2.5	Structuration de la filière	23

5.2.6	Actions possibles pour le développement de la filière par ordre d'importance :	23
-------	--	----

6	Conclusion	25
----------	-------------------	-----------

Chapitre 1

Introduction

Dans un contexte de crise climatique et environnementale, il est nécessaire de s'intéresser à des solutions innovantes pour accélérer la transition.

Pour ce faire, il existe des dispositifs tels que le Programme LEADER. Il s'agit d'un dispositif de l'Union européenne qui soutient le développement des territoires ruraux quand ils mettent en œuvre leurs stratégies de développement. Dans ce cadre, la Seine-Aval correspond à un territoire couvert par un SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux), c'est-à-dire un outil de planification prévu par le Code de l'environnement, qui vise à assurer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau à l'échelle d'un bassin versant, en conciliant usages, protection des milieux aquatiques et prévention des risques. En tant qu'animatrice du programme LEADER en Seine-Aval, dans le département des Yvelines, en Île-de-France, Margaux Grosjean nous invite à étudier le miscanthus ainsi que ses possibilités de valorisation.

Le miscanthus possède en effet des avantages environnementaux, notamment du point de vue de la gestion de la ressource en eau. Plante exigeant peu d'entretien et d'engrais, elle peut se cultiver dans des terres difficilement exploitables, ce qui la rend intéressante pour les agriculteurs.

Il existe donc un croisement d'intérêts qui a conduit Margaux Grosjean à nous proposer ce projet visant à comprendre et développer la filière miscanthus en Seine-Aval. Effectivement, cette plante étant méconnue, son utilisation est limitée et des freins existent quant à son développement. Il est ainsi crucial d'identifier ces freins en dressant un bilan complet de la filière miscanthus en Seine-Aval afin de favoriser l'attribution de subventions à ce secteur.

Chapitre 2

Le miscanthus



FIGURE 2.1 – Photo de Miscanthus dans la nature, Photographe Miya.m Osaka

Le *miscanthus* (principalement *Miscanthus giganteus*) est une graminée pérenne à rhizomes, originaire d'Asie, aujourd'hui cultivée en France comme culture dédiée à la production de biomasse. Implantée une seule fois, cette plante présente une durée de vie pouvant atteindre 20 à 25 ans, avec une pleine productivité à partir de la troisième année. La plante arrive à maturité en 3 ans et sa croissance rapide permet d'atteindre des hauteurs de 2 à 3 mètres, générant une biomasse aérienne importante. La récolte annuelle s'effectue généralement en fin d'hiver ou au début du printemps, période durant laquelle la plante est sèche, ce qui limite les besoins de séchage et facilite sa transformation. Le miscanthus se caractérise par de faibles besoins en intrants, ne nécessitant ni irrigation systématique ni traitements phytosanitaires importants, ce qui en fait une culture particulièrement adaptée aux objectifs de transition agroécologique.

Actuellement, le miscanthus est principalement valorisé dans les filières de

bioénergie (combustion, granulés), de litière animale et de paillage horticole. En effet, d'un point de vue énergétique, le miscanthus possède un pouvoir calorifique inférieur de 4,9 MWh/t de matière sèche, ce qui en fait un combustible comparable au bois. À titre de comparaison, la production d'un hectare de miscanthus permet de produire l'équivalent de 5 000 à 7 500 litres de fioul par an selon le rendement de la parcelle. Il est également identifié comme une ressource à fort potentiel pour le secteur de la construction et notamment des matériaux biosourcés. Transformé sous forme de fibres ou de particules, il peut être intégré dans des bétons et mortiers végétaux, des panneaux isolants ou des matériaux composites légers. Ces applications permettent de réduire la part de matériaux minéraux ou pétrosourcés, tout en améliorant certaines propriétés fonctionnelles telles que la légèreté, la porosité ou les performances thermiques.

Sur le plan environnemental, le miscanthus présente des bénéfices significatifs. En tant que plante à forte production de biomasse, il contribue efficacement à la séquestration du carbone atmosphérique, séquestration qui peut être prolongée lorsque la biomasse est intégrée dans des matériaux de construction à longue durée de vie. Par ailleurs, son système racinaire dense favorise la structuration des sols, limite l'érosion et participe à l'amélioration de la biodiversité locale. De plus, en raison de sa pérennité et de ses faibles besoins en intrants, le miscanthus présente un bilan carbone globalement favorable, renforçant son intérêt dans le développement de filières de matériaux bio-sourcés à faible impact environnemental. Enfin, le miscanthus a aussi un impact environnemental positif sur l'écosystème : ses faibles besoins en azote réduisent les risques de lessivage et améliorent la qualité de l'eau prélevée. [1]

Chapitre 3

État des lieux de la filière en Seine-aval

3.0.1 Les acteurs et leurs interactions

a) Les producteurs

Sur le territoire étudié, 3 exploitations agricoles cultivent du miscanthus (M Surgis, Mme et M Caffin, M Durand [2]) sur une superficie totale de 33ha. C'est une culture marginale même pour les exploitations qui le cultivent, représentant toujours moins de 10% de leurs surfaces exploitées. Il pousse majoritairement sur des petites parcelles où d'autres cultures de grande envergure ne pouvant pas être facilement cultivées. Il sert donc de complément économique au reste de la production. Aucune récolte n'est possible la première année et le rendement de la parcelle atteint 100% après 4 ans.

La récolte du miscanthus s'effectue en hiver. Les tiges étant relativement dures, les agriculteurs peuvent opter pour une ensileuse avec un bec- mais mais ce matériel coûte extrêmement cher (entre 150 000 et 300 000 euros). Cela peut donc nécessiter un investissement initial important. Ils utilisent sinon une faux et une presse, ou du matériel plus spécialisé. Cette récolte est ensuite stockée la plupart du temps dans des hangars à l'abri de la pluie et de l'humidité.

b) Les acheteurs et les domaines d'application

Les acheteurs principaux de miscanthus de la Seine-Aval sont les communes qui l'utilisent pour du paillage et plus rarement pour le chauffage. D'autres petites entreprises, comme les jardineries et les étables, achètent aussi directement aux agriculteurs de petites quantités de miscanthus pour du paillage. De son côté, M. Surgis a cofondé l'entreprise Miscanbois Énergie avec Grégory Vacossin, qui crée des bûches densifiées à base de miscanthus. Ces bûches servent de combustible dans des chaudières spécialisées, en remplacement du bois qui a une croissance beaucoup plus faible que le miscanthus.

c) Financement

Diverses sources de financements sont possibles pour inciter les agriculteurs à produire du miscanthus. Cela se matérialise principalement par des subventions au début du projet pour l'acquisition du matériel spécifique nécessaire à sa récolte. Le département des Yvelines [3] peut par exemple fournir des subventions à partir des appels à projets des agriculteurs. Sur une échelle plus large, le FEADER (Fonds Européens Agricole et de Développement de l'Espace Rural), associé au programme LEADER, finance des projets contribuant au développement durable et à la transition énergétique qui sont tous les deux des domaines d'intérêt pour la filière du miscanthus. À titre d'exemple, l'entreprise Miscanbois Energie en a bénéficié pour le financement de ses outils de transformation.

Dans le cadre du plan de sauvegarde de l'eau, d'autres fonds, privés ou public, existent aussi pour récompenser durablement l'amélioration de la qualité de l'eau sur les parcelles des agriculteurs. Le miscanthus contribuant justement à la purification de l'eau, il peut permettre aux agriculteurs de bénéficier de ces subventions. Ces subventions se déclinent en deux catégories : les PSE (paiements pour service environnementaux) publics et les PSE privés. Ces subventions privées sont notamment versés par SUEZ car ils sont propriétaires des puits de forages et par conséquent responsables de la qualité de l'eau puisée. Celles-ci sont versées seulement s'il y a des preuves de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les parcelles des agriculteurs suite à des prélèvements. Les subventions publiques, moins strictes, impliquent seulement une obligation de moyens de la part de l'agriculteur qui s'engage à améliorer la qualité de l'eau et il pourra bénéficier de celle-ci même si les résultats des actions ne sont pas concluants. Enfin, les communes et l'Etat ont pu financer des projets de chaufferie spéciales à base de miscanthus pour développer l'industrie locale, mais aujourd'hui cet essai qui a été réalisé dans plusieurs communes n'a pas suscité d'engouement et ces chaufferies ne se développent pas en dehors des communes tests.

d) transport et vente

Le transport s'effectue ensuite par le biais de remorques ou de camions de transport de type Plateau pour les courtes distances. Les agriculteurs doivent affréter des semi-remorques à leurs frais si jamais ils veulent exporter leurs produits plus loin.

La vente est l'aspect qui diffère le plus d'un agriculteur à l'autre et le prix de la tonne de miscanthus varie entre 120 et 300€ en fonction des usages et des clients. Ils peuvent faire le choix de vendre leur production à des coopératives comme Novabiom, qui se chargent ensuite de l'écouler pour les besoins de l'industrie ou des communes. C'est le choix le plus simple mais aussi le moins rentable

économiquement. Dans un second temps, ils peuvent directement le vendre aux transformateurs, comme Miscanbois Energie, qui l'utilisent dans leurs produits. Mais les débouchés industriels sont rares et peu développés pour le moment. Ainsi, dans la majorité des cas, les agriculteurs revendent leur production aux communes pour leurs besoins en paillage et en chauffage. Ils peuvent aussi occasionnellement vendre à des particuliers, comme à des jardinerie ou pour des bovins, mais cela reste plus rare (25% de son activité contre 60% pour les communes, et le reste est trop fluctuant ou annexe pour être mentionné). Par ailleurs, la vente du miscanthus se caractérise pour le moment par le fait que le démarchage des clients est réalisée par les agriculteurs eux-mêmes. C'est la conséquence non seulement de l'aspect local de la filière, mais aussi de son manque de demande et de structure entre producteur et vendeur.

e) Projets pilotes

Des projets de recherche sur le miscanthus et ses possibles utilisations ont été lancés et certains ont déjà abouti. Le projet Biomasse for the future [8] avait pour objectif d'arriver à structurer la chaîne de valeur sur le territoire de la Seine-Aval des filières du miscanthus et du sorgho. Il visait principalement à avoir un impact à la source en développant des variétés de ces plantes qui soient plus facilement cultivables et avec un meilleur rendement. Il a été lancé en 2012 en partenariat avec l'INRAE et regroupe une équipe pluridisciplinaire de partenaires (biotechnologies, agronomie, matériaux par des laboratoires, PME, grands groupes). Ce projet a réussi à créer un clone non invasif du miscanthus qui est aujourd'hui utilisé dans les cultures. Il est donc plus propice pour les cultures mais par essence plus vulnérable aux maladies bien qu'aucune n'ait été recensée jusqu'à présent.

Dans l'Eure, où la culture du miscanthus est plus avancée, d'autres projets pilotes ont permis de structurer la filière, par exemple le projet FilMI. Co-organisé par la région Île-de-France et la région Normandie, il a eu pour rôle de subventionner les projets de développement de établissement Publicbéton en miscanthus et de plasticage automobile à partir de miscanthus. Il a aussi permis d'organiser les collectivités territoriales pour s'assurer du bon fonctionnement de la logistique de la filière. Des preuves de concept et des calculs de stocks à produire pour s'assurer un rendement minimal industriel ont alors été réalisés dans cet objectif. Un projet similaire pourrait donc aider la filière du miscanthus en Seine-Aval.

f) Agences régionales liées à la production de miscanthus

De nombreuses agences régionales sont impliquées dans la filière du miscanthus en Seine-Aval avec des rôles différents.

Les principales organisations connues des agriculteurs sont celles qui fixent les règles d'exploitation et les aident techniquement dans l'exploitation du miscanthus. La DDT des Yvelines (Direction Départementale des Territoires) est un

service déconcentré de l'État travaillant pour la mise en œuvre des règles agricoles (PAC), des déclarations, des zonages et des instructions locales (cadre foncier, PLU, procédures). De son côté, la Chambre d'agriculture des Yvelines fournit un appui technique aux agriculteurs (fiches pratiques, codes cultures) et diffuse des retours d'expérience sur le miscanthus.

Certaines organisations favorisent l'implantation de la culture du miscanthus pour encourager l'agriculture dans la région. Parmi elles, l'EPAMSA (Établissement Public d'Aménagement du Mantois Seine Aval) pilote le projet "cœur vert". Ils concernent des opérations d'aménagement, de reconversion de friches et de création de zones d'activités où la culture du miscanthus peut être intégrée. De la même manière, la collectivité intercommunale Grand Paris Seine et Oise pilote des stratégies agricoles et filières locales.

D'autres organisations sont impliquées dans la filière du miscanthus via leur gestion des ressources et la protection de l'environnement. L'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) régule et finance des actions liées à la qualité de l'eau et aux pratiques agricoles favorables aux milieux aquatiques. L'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire) fournit une expertise sanitaire et environnementale notamment des évaluations relatives à la phytostabilisation et aux risques liés à des sols contaminés. Enfin, l'ADEME (Agence de la transition écologique) finance des appels à projets pour la bioéconomie et la transition écologique et pourrait à ce titre, financer le développement d'exploitations de miscanthus ou de débouchés qui lui sont liés.

g) Les industriels en dehors de la région Ile-de-France

Quelques projets prometteurs lancés par des industriels ont permis d'envisager de nouveaux usages pour le miscanthus. Renault-PSA avait voulu développer des tableaux de bord composites à base de miscanthus, mais le projet a été progressivement abandonné par manque de résultat et de rentabilité.

D'autres utilisations se sont peu à peu développées dans le domaine du bâtiment mais en dehors de l'Île-de-France pour le moment. La société Alkern a notamment mis au point un béton à base de miscanthus, qui a déjà servi pour la construction de bâtiments dans l'Eure. Pour économiser les ressources naturelles non renouvelables, Alkern a substitué les granulats du béton classique par une version renouvelable à base de miscanthus. Ce nouveau matériau de construction est constitué en moyenne à 60% de broyats de miscanthus en substitution des granulats traditionnels. Le matériau obtenu est trois fois plus isolant qu'un béton classique et le surcoût ne serait que de 2%. Ce biomatériau a aussi démontré son efficacité en matière de confort acoustique avec une atténuation des bruits de 54 décibels lorsqu'un mur est enduit sur une face. De plus, contrairement aux préjugés, sa résistance au feu est importante (4h) lui permettant de passer tous les tests techniques d'un béton classique. Alkern souhaite se développer dans les Yvelines ce qui pourrait conduire à une dynamisation de la filière. [4]

3.0.2 les difficultés rencontrées par les acteurs de la filière

a) Transport

Le transport du miscanthus est un facteur limitant au développement de la filière. Il est en effet impossible pour les exploitants d'étendre leur zone de vente en élargissant leur clientèle car il s'agit d'un produit peu dense qu'il est coûteux de transporter. Par conséquent, les agriculteurs doivent affréter eux-mêmes des semi-remorques pour les grandes quantités et aucune structure ne prend en charge la vente ou le transport du Miscanthus. La multiplication des moyens de transport à mettre en œuvre en fonction de la distance au client et de la quantité demandée est aussi un frein à la vente.

b) Clientèle

Aucune structure ne prend en charge la mise en relation des agriculteurs avec les clients. Ceux-ci recherchent eux-mêmes des entreprises, des communes ou des particuliers à qui vendre leur miscanthus. M. Durand [2] doit chaque année tenter de trouver de nouvelles structures pour vendre son produit car il est difficile de fidéliser la clientèle (courrier et démarchage en direct) . Cela pose un problème de gestion des stocks et nécessite de développer des compétences commerciales, ce qui ne fait pas partie de la formation d'un agriculteur. A ce titre, il y a un besoin de se faire encadrer par des professionnels du commerce pour mettre de l'ordre dans leurs activités. Les agriculteurs regrettent que la vente de Miscanthus ne soit pas favorisée par une aide apportée directement aux exploitants qui auraient besoin de connaître les standards du commerce actuel et d'être renseignés sur la gestion des prix et éventuellement sur la vente en ligne via internet.

c) Manque d'un esprit communautaire parmi les agriculteurs en Seine Aval

D'après Mr Durand, le miscanthus est particulièrement propice à l'entraide entre les différents exploitants. Cependant, en Seine-Aval (contrairement à d'autres régions comme la Bretagne par exemple), les cultures et ventes de Miscanthus se font de manière individuelle et autonome : il n'existe de pas collaborations entre agriculteurs sous aucune forme. Par ailleurs, les coopératives agricoles qui rachètent le miscanthus le font à un prix trop bas pour être acceptable par les agriculteurs et ne structurent donc pas la filière.

d) Reconnaissance du produit

Le Miscanthus n'est protégé par aucun label ni appellation. Ceci freine le développement de la filière dans la mesure où le produit reste méconnu. Par exemple, en architecture, les matières premières contenant du miscanthus (béton biosourcé d'Alkern) n'ont pas beaucoup de succès car elles contiennent un constituant méconnu des professionnels. Ces derniers choisissent de privilégier des matériaux qu'ils ont l'habitude de manipuler. Il est donc nécessaire de présenter le miscanthus aux industriels afin de développer sa commercialisation.

e) Problème au niveau de la récolte du miscanthus

Le Miscanthus étant peu dense, il est coûteux de le transporter comme de le stocker. Les exploitants doivent alors construire des hangars pour protéger leurs réserves, ce qui représente un investissement non négligeable, qui requiert des subventions. Bien que l'entretien du miscanthus soit facile, ses tiges dures peuvent entraîner l'usure des machines de récolte et créer des étincelles qui peuvent engendrer un feu si le champ est trop sec.

f) Investissement initial

Le Miscanthus n'est pas rentable les trois premières années et son implantation est coûteuse. Il faut donc posséder un minimum de fonds avant de pouvoir envisager l'exploitation du Miscanthus. En général, les exploitants de Miscanthus sont des agriculteurs possédant des parcelles non exploitées et dans lesquelles il n'est possible de développer que des plantations aux conditions de pousse peu exigeantes. On peut donc considérer que ces années de non-rentabilité ne sont pas un inconvénient puisqu'il s'agit de terres par ailleurs non-exploitable.

Chapitre 4

Exploration de nouveaux débouchés : test de flottabilité du miscanthus

4.1 Motivation

L'état des lieux évoqué ci-dessus permet de cibler un problème central à la chaîne de valeur du miscanthus, qui est le peu de débouchés pour les agriculteurs et agricultrices. Ainsi, un objectif que nous nous sommes fixés est d'examiner la possibilité de nouveaux débouchés, et de valoriser le miscanthus sous un autre angle. C'est pour cela que nous avons choisi de tester la flottabilité du miscanthus introduit dans des structures en plastique, en s'inspirant des planches de surf pour la construction d'un dispositif flottant. Nous souhaitons ainsi construire une planche miniature en mélangeant différentes densités de miscanthus et de déchets de plastique. Ce choix se fonde sur l'existence de nombreux espaces de sports nautiques dans la zone de Seine-Aval (comme expliqué par Margaux Grosjean) ; bien que nous n'ayons pas des ambitions de développer des kayaks ou des planches de surf, nous espérons que nos travaux ouvriront la discussion à de telles possibilités. En effet, nous n'avons pas trouvé d'articles scientifiques qui traitent de la flottabilité de cette manière (cela était aussi une source de motivation, car nous devons prendre en compte le peu de temps que nous avons). Ce projet présente également des engagements écologiques : en effet, le choix de remplacer une partie du plastique par de la biomasse s'inscrit dans un processus de décarbonation et notre planche miniature est conçue dans une démarche low-tech.

4.2 Objectifs pour le miscanthus

4.2.1 Comment est fabriquée une planche de surf

Plusieurs façons de fabriquer une planche de surf existent. En général, les planches ont un noyau et un extérieur et sont donc constituées de deux matériaux. [5] Bien que le noyau usuel soit en mousse de polystyrène, nous avons décidé de s'inspirer des planches de surf dont le noyau est en bois léger et possède une structure bien travaillée, et ce noyau est enveloppé de fibre de verre et de la résine époxy pour les planches de surf.

4.2.2 Structure de la planche envisagée

Notre objectif est de construire une planche miniature et rectangulaire, pour pouvoir ensuite tester la flottabilité de la structure. Ses dimensions sont de 30 cm x 20 cm et d'environ 5cm de hauteur. La planche comportera un noyau en bois de peuplier ; c'est un morceau de bois rectangulaire et fin de 5mm, qui est coupé pour faire 10cm x 20cm. Le choix du peuplier s'explique par la volonté de se servir de matériaux locaux, et que de nombreuses peupleraies existent en Île-de-France [6]. Ce morceau de bois renforcera la rigidité de la planche. Le morceau de bois sera entouré par un mélange de miscanthus et de plastique revalorisé, c'est-à-dire du plastique récupéré de nos déchets. Utiliser ce plastique vient d'une volonté de construire une planche low-tech, et de la volonté de ne pas commander du polystyrène neuf. Nous espérons que le plastique aidera la composition à flotter, et introduira une première résistance à l'eau pour la structure. Finalement, nous recouvrons le tout d'une couche de résine époxy pour s'assurer de l'étanchéité de la structure. Cela permettra de coller le tout ensemble.

Pour vérifier la flottabilité de la planche, nous mettrons la planche dans un bassin d'eau, en testant divers poids que nous mettons sur la planche. Les tests envisageables ensuite seraient de modifier la proportion de plastique et de miscanthus, en créant d'autres planches, mais notre premier défi est de fabriquer une planche dont la structure est convenable.

4.2.3 Apports du miscanthus

Le miscanthus présente un intérêt particulier pour la conception de planches de surf en tant que renfort bio-sourcé, en raison de ses propriétés physiques et mécaniques. Sa faible densité en fait un matériau particulièrement léger, permettant de limiter la masse globale de la planche tout en conservant un bon volume structural, critère essentiel pour la flottabilité et la maniabilité. Par ailleurs, les fibres de miscanthus présentent une rigidité suffisante pour contribuer au renforcement du composite, notamment lorsqu'elles sont associées à une matrice polymère, améliorant ainsi la tenue mécanique de la structure. En comparaison avec les plastiques

conventionnels, le miscanthus constitue une alternative pertinente, car il permet de réduire la part de matériaux d'origine fossile tout en valorisant une ressource renouvelable. Son intégration dans la planche participe ainsi à une démarche de conception plus durable, conciliant performances mécaniques et réduction de l'impact environnemental. [7]

4.3 Construction de la planche

4.3.1 Protocole

Voici le protocole utilisé pour la réalisation de la planche dans le cadre de ce pôle projet.

1) Matériaux

- Plastique réutilisé (découpé à la main), issu des déchets quotidiens
- Miscanthus (fibres sèches)
- Plaque de contreplaqué de peuplier
- Résine époxy (résine et durcisseur)

2) Pesée des matériaux

Avant toute mise en œuvre, chaque composant est pesé à l'aide d'une balance de précision afin de déterminer les proportions massiques du composite. Nous avons donc mis :

140 grammes de résines d'époxy

82 grammes de plastique polypropylène

46 grammes de peuplier contreplaqué

3) Assemblage du prototype

Une première couche constituée d'un mélange de miscanthus et de plastique recyclé est disposée au fond du moule. La plaque de contreplaqué de peuplier est ensuite placée au centre du moule, sur cette première couche. Après une première fusion, une couche est ajoutée sur l'autre face après avoir retourné la plaque, afin que celle-ci soit entièrement entourée du mélange plastique-miscanthus.

4) Fusion thermique

L'assemblage est placé dans un four préchauffé à une température de 150 °C. Le composite est maintenu à cette température pendant une durée déterminée afin de permettre la fusion du plastique recyclé et l'imprégnation du miscanthus autour de la plaque de bois. Deux phases de fusion sont réalisées, une pour chaque face de la plaque.

5) Refroidissement

Après la phase de fusion, le prototype est retiré du four et laissé immédiatement refroidir à 0°C pendant 20 minutes. Ensuite le prototype est laissé à température ambiante jusqu'à la solidification complète du plastique.

6) Application de la résine époxy

Une couche de résine époxy est ensuite appliquée à la surface du prototype afin d'améliorer la cohésion du matériau, sa résistance mécanique et son étanchéité. La résine est laissée à polymériser.

4.3.2 Résultats



FIGURE 4.1 – Photo de la planche, après cuisson et application de la résine d'époxy

Les figures suivantes présentent le prototype de planche obtenu à l'issue du procédé de fabrication. Les résultats obtenus se sont révélés peu satisfaisants, plusieurs difficultés ayant été rencontrées lors de la mise en œuvre. En particulier, le plastique recyclé n'a pas atteint un état de fusion suffisant, malgré une augmentation progressive de la température du four, testée successivement à 150 °C, 180 °C, 200 °C puis 230 °C. Cette observation suggère que le plastique n'est pas devenu pleinement liquide, ce qui a limité sa capacité à épouser correctement la forme du moule et à assurer une bonne cohésion du composite. L'absence de dispositif de mise sous pression, tel qu'une presse, a probablement accentué ce phénomène. Afin de compenser ce défaut de cohésion, une quantité de résine époxy supérieure à celle initialement prévue a été utilisée. Cette adaptation a toutefois entraîné une augmentation significative de la masse volumique du prototype, impactant potentiellement ses performances en termes de flottabilité.

4.4 Objectifs de test avec la planche

Afin d'évaluer les performances du prototype de planche fabriqué, une série de tests expérimentaux sera réalisée. La flottabilité du matériau sera étudiée par immersion progressive dans l'eau, en mesurant la masse maximale supportée avant immersion complète, conformément au principe d'Archimède. Ce test permettra d'estimer la capacité de portance du composite et de vérifier son aptitude à assurer la flottabilité requise pour une application de type planche de surf. En parallèle, des essais de résistance mécanique seront menés afin d'évaluer le comportement du matériau sous charge. Ces essais consisteront notamment en des tests de flexion, visant à caractériser la rigidité et la résistance à la déformation du prototype. L'ensemble de ces mesures permettra de corréler les propriétés physiques du com-

posite aux exigences fonctionnelles d'une planche de surf, et d'identifier les limites mécaniques et hydrodynamiques du matériau développé.

4.5 Repenser la fabrication de la planche

La première étape du test, c'est-à-dire la fabrication de la planche, ne peut être qualifiée de réussite. Même si nous pouvons effectuer des tests sur la planche fabriquée, elle ne ressemble en rien à ce que nous avons imaginé et à ce que nous souhaitons. Nous avons mis trop de résine époxy pour compenser l'absence de fonte du plastique, ce qui a rendu la structure très lourde. Les prochaines étapes seront d'une part de réaliser les tests de flottabilité mais aussi de repenser la fabrication de la planche. Les pistes que nous envisageons actuellement sont de retirer le plastique et de compacter les copeaux de miscanthus, et tout coller avec la résine époxy. Notre méthode aurait pu marcher avec un thermopresse, ce que nous pouvons tenter de simuler en mettant un poids lourd sur la structure lors de la fonte. Il serait judicieux pour une prochaine fabrication de choisir du plastique facile à manipuler avec la chaleur (tels que les thermoplastiques) pour augmenter nos chances de réussite.

Chapitre 5

Pistes d'amélioration de la filière

5.1 Développement de la filière du béton à base de miscanthus

Dans cette partie, on analyse les quantités éventuelles de miscanthus qui pourraient être consommées par l'implantation de deux nouvelles industries dans la région de la Seine-Aval : une usine de production Alkern pour du béton à base de miscanthus et un projet plus expérimental se basant sur l'étude de la flottabilité du miscanthus réalisée précédemment.

5.1.1 Hypothèses du projet en Seine-Aval

On peut raisonnablement imaginer que des lots de maisons individuelles ou de petits collectifs adopteront une solution biosourcée comme les blocs de miscanthus afin de répondre aux contraintes de la réglementation environnementale RE2020, aux objectifs bas carbone et à la demande locale de construction écologique.

On fait l'hypothèse que les caractéristiques de ces projets types sont les suivantes :

- Maison individuelle de $\sim 100\text{--}120\text{ m}^2$,
- Blocs de miscanthus utilisables pour des murs porteurs ou du remplissage,
- Utilisation similaire à des blocs préfabriqués classiques (comme ceux développés chez Alkern).

D'après les estimations du PLU du Grand Paris Seine et Oise de 2020 [8], environ 2 300 nouveaux logements sont construits chaque année dans la région de la Seine-Aval. On peut estimer dans un premier temps que 10 % des logements seront construits à base de béton miscanthus, et jusqu'à 20 % dans un scénario optimiste.

Ces hypothèses sont néanmoins spéculatives et nécessiteraient un échange avec la société Alkern (implantée notamment dans l'Eure) afin d'obtenir des volumes

prévisionnels plus précis. Cela correspondrait à un volume compris entre 230 et 460 logements par an.

Il est à noter que les usines d'Alkern doivent disposer d'autres débouchés, l'usine de Bernières-sur-Seine visant une capacité de production équivalente à environ 3 000 maisons par an en blocs de béton bas carbone. [9]

5.1.2 Estimation des volumes de blocs nécessaires

Un logement de 100 m² requiert, selon les standards de maçonnerie, environ 8 m² de mur par mètre carré de plancher, soit environ 800 m² de mur [10].

En supposant une utilisation de blocs correspondant à environ

0,1 m³ par mètre carré de mur fini (justifié par le fait que pour 20 cm d'épaisseur de béton, on a en réalité une structure en blocs et espaces vides et donc que la proportion de blocs réellement utilisée est de 50%), on obtient :

$$800 \times 0,1 \approx 80 \text{ m}^3$$

de béton par logement.

On obtient donc pour le total des logements évoqués dans le paragraphe précédent un volume annuel total compris entre 18 400 et 36 800 blocs de miscanthus (environ 50 cm × 20 cm × 20 cm).

5.1.3 Estimation du chiffre d'affaires de la filière

Il n'existe pas encore de prix public officiel pour les blocs miscanthus d'Alkern. Il est toutefois possible de raisonner à partir des prix des blocs béton isolants ou bas carbone existants.

Les blocs standards Alkern vendus en négoce se situent entre 2,60 et 4,50 € l'unité pour des blocs courants [11].

En extrapolant vers des produits biosourcés haut de gamme, un prix de vente plausible se situe entre 8 et 10 € par bloc rendu chantier, compte tenu :

- de la plus-value liée à l'innovation biosourcée et aux performances thermiques,
- des coûts de production supérieurs aux blocs classiques.

Cela conduit à un chiffre d'affaires annuel estimé entre 147 000 € et 368 000 €. Ce chiffre pourrait être revu à la hausse en intégrant des logements collectifs ou d'autres applications (bâtiments publics, extensions, aménagements urbains), ainsi que l'adoption progressive du béton bas carbone et les coûts logistiques associés.

5.1.4 Recommandations de structuration de la filière

Structuration logistique

La filière pourrait s'organiser autour d'une coordination locale entre :

- des agriculteurs cultivant du miscanthus,
- des industriels transformant la biomasse,
- des entreprises de gros œuvre utilisant les blocs préfabriqués,
- des clients finaux.

L'organisation doit rester locale (rayon de 50 à 100 km) en raison de la faible densité du miscanthus, rendant son transport peu rentable. Des contrats pluriannuels entre industriels et agriculteurs seraient préférables aux circuits coopératifs actuels qui ne valorisent pas assez le miscanthus produit par les agriculteurs économiquement parlant.

Le broyage et le conditionnement peuvent être réalisés soit par les agriculteurs, soit par les industriels. Les entreprises de fabrication de béton devraient ensuite adapter leurs lignes de production aux blocs bas carbone.

Le transport pourrait s'effectuer par semi-remorques pour les grandes quantités, ou par camions de type plateau pour des volumes plus faibles. Des points de stockage intermédiaires (hangars agricoles ou plateformes logistiques intégrant des unités de transformation) seront nécessaires afin d'assurer un approvisionnement continu tout au long de l'année (et pas seulement au moment de la récolte).

Actions possibles pour le développement de la filière par ordre d'importance :

1. Il faudrait dans un premier temps communiquer auprès des architectes, des bureaux d'études, des promoteurs et des collectivités sur la nouveauté technologique qu'est le béton à base de miscanthus. Ces acteurs sont ceux qui prescrivent dans la filière et donc ceux qu'il faut toucher en priorité. En effet, les exécuteurs (entreprises de gros œuvre et le négoce de matériau) n'ont que peu de prises sur les projets et reprennent des plans déjà faits des acteurs précédents. Le message clé à faire passer est alors l'importance environnementale du béton bas carbone, à l'aune de la nouvelle réglementation RE2020 sur le secteur du bâtiment (avec des seuils progressifs d'émission carbone pour le secteur) [12] : il permettrait de réduire les émissions d'un secteur très émissif. Sur le plan technique, il faut insister sur le fait que, si les caractéristiques mécaniques semblent légèrement inférieures à celles d'un béton classique, les caractéristiques thermiques semblent elles meilleures (pour un gain potentiel sur l'épaisseur d'isolant). De plus, le surcoût lié à sa production est faible et serait donc potentiellement compensé par cette augmentation de l'isolation. Pour les outils de communication à privilégier, une fiche technique comparative avec le béton classique (Portland) contribuerait à rassurer les acteurs sur la viabilité

du matériau, et donc s'appuyer sur des chercheurs serait recommandable. Une analyse du cycle de vie intégré à la fiche technique permettrait aussi de mettre en relief l'aspect environnemental du matériau. Enfin, on pourrait ajouter des témoignages d'utilisateurs et des retours d'expérience pour rassurer le client vis-à-vis de ce produit.

2. En parallèle, il faudrait débloquer des fonds pour les investissements initiaux. La priorité financière identifiée par les agriculteurs est la construction des infrastructures pour la culture du miscanthus et sa transformation, notamment le stockage et l'adaptation des lignes de production. Si les industriels peuvent peut-être financer cette transformation, les agriculteurs peuvent difficilement payer les dépôts de miscanthus de l'ordre de 200 000-800 000 euros par hangar. Du point de vue économique, on peut envisager des subventions pour des motifs environnementaux pour inciter de nouveaux projet à adopter les nouveaux blocs de béton et ainsi initier la transformation.
3. On pourrait également envisager la création d'une branche déconcentrée de l'État dédiée à la mise en relation des acteurs et au développement de la filière (prospection de nouveaux clients, débouchés, communication entre les acteurs pour les difficultés, négociation). Cette instance pourrait également s'occuper de distribuer les subventions.

5.2 Développement de la filière des planches de padel, canoë, kayak et aviron

5.2.1 Hypothèses du projet en Seine-Aval

Les hypothèses principales sont :

- l'existence d'un marché régional suffisant pour justifier la culture du miscanthus,
- On suppose également que la flottabilité du miscanthus est démontrée, ce qui permettrait d'envisager sa substitution à d'autres matériaux utilisés dans des planches (padel, surf, canoë ou kayak). L'expérience sur ce point est encore en cours.

5.2.2 Estimation du marché potentiel

Il y a 350 clubs affiliés à la fédération de canoë-kayak en Île-de-France. En proportion en Seine-Aval, on estime que le nombre de clubs est compris entre 30 et 50. Ceci nous donne alors 4030 licenciés de sport nautique en club dans le périmètre concerné qui sont répartis comme suit : 1324 en canoë-kayak (dont la répartition est supposée moitié/moitié), 886 en aviron, 1470 en voile et 200 en motonautisme. [13]

Seuls les deux premiers chiffres nous intéressent donc, car ce sont les potentiels acheteurs du produit. Pour ce qui est du Stand-Up Paddle (SUP), il est incorporé dans les pratiques de pagaie et est fréquemment proposé par les clubs de sports de pagaie en Île-de-France.

On considère arbitrairement que 30 à 40% des licenciés kayak/canoë/aviron s'intéressent aussi au SUP, ce qui nous donne en moyenne 780 pratiquants.

Par ailleurs, il faut aussi pondérer ces chiffres par le nombre d'occupants moyens des canoës (2), kayaks (1) et avirons (4). On suppose pour l'aviron qu'il y a autant de skiff (1), de double (2) de quatre (4) et de huit (8). Ceci nous donne alors le besoin en matériel suivant, en supposant que les clubs ne font pas de roulement de leur matériel (irréaliste, les chiffres réels sont donc inférieurs) : 331 pour le canoë, 662 le kayak et 222 pour l'aviron.

En supposant une absence de rotation du matériel (hypothèse haute), les besoins seraient alors de :

- 331 canoës,
- 662 kayaks,
- 222 avirons.

5.2.3 Hypothèses de consommation de miscanthus

- SUP : 0,2 à 0,4 kg de miscanthus par planche. Cette hypothèse est basée sur le remplacement des fibres par le composite en miscanthus. En effet,

une planche de surf pèse à peu près entre 3 et 5 kg et la proportion en masse des fibres dans celles-ci est de 5-10%, ce qui nous donne numériquement entre $4 \times 0,05 \text{ kg} = 0,2 \text{ kg}$ et $4 \times 0,10 \text{ kg} = 0,4 \text{ kg}$.

- Canoë : 3 à 5 kg. En effet, il y aurait entre 15 et 25% en masse de fibre dans un canoë [14], et comme un canoë fait en moyenne 20 kg, on a entre 3kg et 5kg de miscanthus nécessaire.
- Kayak : 2 à 4 kg. En effet, il y aurait entre 15 et 25% en masse de fibre dans un kayak, et comme un kayak fait en moyenne 15 kg, on a entre 2 kg et 4kg de miscanthus nécessaire.
- Aviron : 4 à 9 kg pour le bateau, plus environ 1 kg pour les rames. En effet, il y aurait entre 20 et 30% en masse de fibre dans un kayak, et comme un kayak fait en moyenne 50 kg dont 20 à 30 kg de fibres, on a entre 4 kg et 9 kg de miscanthus nécessaire dans le bateau en lui-même, additionné au kilo supplémentaire que l'on a en remplaçant les fibres des rames par du miscanthus (pour 4 rames).

5.2.4 Projections économiques

En moyenne, une planche de SUP coûte 550 euros (modèle de moyenne gamme). De la même manière, pour les modèles moyenne gamme, le coût moyen d'un canoë ou d'un kayak est de 600 euros, tandis que le prix s'élève à 15 000 euros pour un aviron. On suppose aussi arbitrairement un taux d'adoption de 5% lors de la sortie des produits, puis de 10% dans les années qui suivent. C'est-à-dire que parmi les licenciés, 5% renouvellent leur matériel avec une solution à base de miscanthus lors de la première année (en sachant qu'évidemment, tous les licenciés ne renouvellent pas leur matériel chaque année).

Année	N° produits	Culture (ha)	Biomasse (tMS)	CA
1	17 canoës, 33 kayaks, 11 avirons et 39 SUP	0,021	0,256	216 000 €
Suivantes	34 canoës, 66 kayaks, 22 avirons et 78 SUP	0,042	0,512	432 000 €

TABLE 5.1 – Projection économique de la filière nautique à base de miscanthus

On a utilisé 12t/ha de miscanthus pour la conversion entre les cultures et la biomasse

Cela représente un marché spécialisé mais non négligeable, avec un impact positif sur les agriculteurs (nouveau débouché, diversification des revenus) et sur la structuration de la filière.

5.2.5 Structuration de la filière

Les acteurs à mobiliser sont :

- les agriculteurs,
- les transformateurs de fibres (comme Cavac Biomatériaux [15]),
- les fabricants nautiques (comme Vega [16]),
- les clubs sportifs.

Pour ce qui est des agriculteurs, il est possible de les mobiliser de la même manière que pour le béton, avec des contrats pluriannuels entre eux et les transformateurs par exemple ou un autre acteur. Cela leur évite la baisse des prix due à un intermédiaire tel qu'une biocoop.

Les transformateurs sont essentiels pour transformer la biomasse en fibre utilisable (composite). Il faut en effet la sécher, la broyer, la tamiser et éventuellement lui faire subir un traitement de surface. Ceci doit donc être réalisé dans un lieu spécialisé. Si le but est de développer la filière le plus rapidement possible, alors prendre contact avec les transformateurs de lin et de chanvre dans la région serait idéal car ils disposent déjà des infrastructures nécessaires au conditionnement du miscanthus. Sinon, le développement d'un petit atelier de transformation en Seine-Aval sera nécessaire.

Tout comme pour les transformateurs, il faut aussi se rapprocher des fabricants traditionnels de coques composites ou d'un atelier nautique en leur présentant la démarche écologique et locale, ce qui serait selon nous l'option la plus rapide et la plus efficace. Ils pourraient aussi être utiles pendant la phase de prototypage du produit en fournissant des locaux où effectuer des tests.

Enfin, il faut arriver à convaincre les clubs de la viabilité du produit par des tests techniques, des démonstrations sur l'eau une fois le produit fini. Il faut aussi les rassurer sur la durabilité du produit et sur sa qualité.

Pour ce qui concerne l'aspect logistique, le miscanthus peut être approvisionné aux unités de transformation par botte ou tout autre équivalent des agriculteurs, et ce directement en camion utilitaire compte tenu des masses en jeu dans un premier temps. Ensuite, il peut être transporté par sac ou palette une fois qu'il a été transformé en fibre jusqu'aux fabricants, et ce selon les mêmes modalités que pour le miscanthus brut par exemple.

5.2.6 Actions possibles pour le développement de la filière par ordre d'importance :

1. Évaluer la faisabilité technique de remplacer les fibres des coques nautiques par des fibres naturelles, avec des preuves de concept et des prototypes. C'est l'étape indispensable sans laquelle aucun des acteurs de la filière n'aura confiance en le projet. L'élaboration d'une fiche technique des fibres naturelles à base de miscanthus ou du prototype d'une coque l'utilisant pourrait être un livrable intéressant.

2. Faire connaître l'alternative aux clubs nautiques. La présenter comme un produit faisant fonctionner l'économie locale et écoresponsable pour justifier son intérêt par rapport aux produits existants. Regarder si le produit les intéresse et leur proposer des échantillons d'essais pour qu'ils se fassent leur propre idée et pour des retours constructifs des expériences des utilisateurs. Cela permettra alors l'amélioration du produit en retour si le remplacement de fibres change trop de propriétés.
3. Contacter les acteurs mentionnés au paragraphe précédent pour mettre en place des partenariats structurant la filière.

Chapitre 6

Conclusion

Face à l'accélération du changement climatique et à la pression croissante sur les ressources naturelles, la transition des systèmes agricoles apparaît comme un levier important pour apporter des solutions à la crise actuelle. Le miscanthus s'inscrit pleinement dans cette dynamique en proposant une réponse à la fois environnementale, agricole et territoriale.

Dotée d'une résilience importante, pérenne et peu exigeante en eau et en intrants, cette plante pourrait être une piste de valorisation intéressante pour des terres difficilement exploitables. Par ailleurs, sa présence entraîne des effets positifs notables sur la qualité de l'eau dans la région.

Toutefois, bien que la filière soit déjà existante, elle est pour le moment limitée. Seules quelques exploitations sont concernées par de telles cultures, et ces dernières considèrent le miscanthus comme un complément plutôt qu'une production centrale. Sa méconnaissance, le manque de débouchés économiques stables ainsi que le coût élevé du transport et du stockage constituent également des freins structurels au développement de la filière.

C'est pourquoi les acteurs publics et les dispositifs de soutien possèdent un rôle clé. Le programme LEADER, par exemple, est à l'origine d'un début de structuration de la filière. Il reste cependant nécessaire de cibler les points de blocage afin de redistribuer les subventions de façon pertinente.

Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à l'un des freins majeurs au développement de la filière : le manque de valorisation du miscanthus. Nous avons donc tenté de trouver des solutions innovantes pour exploiter ce matériau. En l'occurrence, la piste exploitée a été celle de la flottabilité afin de faire du miscanthus une alternative low-tech aux matériaux utilisés dans des planches de surf, des canoës ou des kayaks par exemple. Néanmoins, nos tests se sont révélés insatisfaisants et il nous faudra davantage de temps pour obtenir un résultat convaincant.

Ainsi, ce projet montre que le miscanthus dispose d'un fort potentiel environnemental mais que son développement en Seine-Aval est aujourd'hui freiné, principalement par un manque de structuration de la filière et de débouchés économiques.

Bibliographie

- [1] Le MISCANTHUS. *Le Miscanthus FICHE CULTURE*. 2009. URL : https://france-miscanthus.org/wp-content/uploads/2017/12/Fiche_culture_RMT_Biomasse_2009.pdf.
- [2] MR DURAND. *Agriculteur*. Interview. Oct. 2025.
- [3] MME ADÈLE MAISTRE. *chargée d'agriculture du département des Yvelines*. Interview. Oct. 2025.
- [4] Matthieu COMBE. *Le miscanthus pour du béton biosourcé*. 2017. URL : <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/le-miscanthus-pour-du-beton-biosource-45263/>.
- [5] Vincent CANU. *Fabrication d'une planche de surf : matériaux et étapes à suivre*. 2019. URL : <https://www.lagreensession.com/fabrication-planche-de-surf-materiaux-et-etapes/>.
- [6] Orientations régionales FORESTIÈRES. *Etat des lieux Orientations régionales forestière*. 2000. URL : https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/_601_pdf_ORF_IdF_partie1_p13-28_cle0e4a45_cle4bf14a.pdf.
- [7] Feng WU, Manjusri MISRA et Amar K. MOHANTY. *Sustainable green composites from biodegradable plastics blend and natural fibre with balanced performance : Synergy of nano-structured blend and reactive extrusion*. 2020. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266353820310125>.
- [8] Grand Paris Seine et OISE COMMUNAUTÉ URBAINE. *Le Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi)*. 2020. URL : <https://gpseo.fr/article/le-plan-local-durbanisme-intercommunal-plui>.
- [9] ALKERN. *Alkern transforme son usine normande*. 2025. URL : <https://www.acpresse.fr/alkern-transforme-son-usine-normande/>.
- [10] Marta Šavor NOVAK et al. *Detailed Structural Typology of Existing Sub-standard Masonry and Reinforced Concrete Buildings in the City of Zagreb, Croatia*. 2024. URL : <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3644> (visité le 25/11/2024).

- [11] Négoces Matériaux AQUITAIN. *Liste des produits de la marque ALKERN*. 2025. URL : <https://www.negoce-materiaux-aquitain.com/fr/brand/467-alkern>.
- [12] Ministère de la transition ÉCOLOGIQUE. *Réglementation environnementale RE2020*. 2020. URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020> (visité le 18/11/2020).
- [13] Seine Aval groupement d'intérêt PUBLIC. *Les usages récréatifs de l'estuaire de la Seine*. 2012. URL : https://www.seine-aval.fr/wp-content/uploads/2017/02/RR-SA4-USAGES_RECREATIFS_Dec_2012_red_pro.pdf (visité le 15/12/2012).
- [14] Omar El HAWARY et al. *An Overview of Natural Fiber Composites for Marine Applicationse*. 2023. URL : <https://www.mdpi.com/2077-1312/11/5/1076>.
- [15] Cavac BIOMATÉRIAUX. *Un fabricant de matériaux bio-sourcés unique en europe*. 2025. URL : <https://www.cavac-biomateriaux.com/>.
- [16] VEGA. *Vega Réalisation Composites*. 2025. URL : <https://www.vega-composites.com/>.