

EFFET BIOSTIMULANT D'UN EXTRAIT D'ALGUE (*LAMINARIA DIGITATA*) SUR LA REPOUSSE DU RAY-GRASS ANGLAIS (*LOLIUM PERENNE*) EN CONDITION DE PLEIN CHAMP

Résumé

Le ray-grass anglais (*Lolium perenne*) est une espèce dominante des prairies des zones tempérées dont les rendements sont importants lorsque les ressources hydriques et minérales ne sont pas limitantes, et en l'absence de piétinement. L'utilisation de biostimulant est une pratique qui peut permettre de maintenir la repousse dans des conditions de réduction des ressources liées au changement climatique et à la limitation de l'usage des fertilisants. L'effet biostimulant d'un extrait d'algue a été testé sur la capacité de repousse après coupe d'une prairie semée de ray-grass anglais en Normandie. L'étude a été menée sur deux années consécutives, 2023 et 2024. Plusieurs doses (0,5 ; 2 ; 5 et 10 L.ha⁻¹) d'un extrait de laminaire (*Laminaria digitata*) ont été pulvérisées après défoliation sur des microparcelles de 50 x 50 cm d'une prairie semée en 2022. Lors de la première année, les plantes ont été coupées à 5 cm. Les extraits d'algues tendaient à améliorer la repousse des plantes, mais la hauteur de coupe à 5 cm a conduit à des difficultés d'estimation visuelle de la hauteur de coupe lors des prélèvements. Lors de la deuxième année, les plantes ont été coupées à 2 cm ce qui a permis de rendre bien visible le niveau de coupe. Les résultats confirment les tendances observées en 2023 montrant une efficacité significative de l'extrait d'algue pulvérisé à 2 et 5 L.ha⁻¹ sur la croissance du ray-grass après coupe, et ce sur deux essais consécutifs. Le protocole suivi en 2024 peut être utilisé pour évaluer l'effet biostimulant de divers composés sur la repousse du ray-grass en condition de plein champ.

Summary

Effect of algal extract (*Laminaria digitata*) on perennial ryegrass (*Lolium perenne*) regrowth in the field

Perennial ryegrass (*Lolium perenne*) is a dominant grassland species in temperate zones, with high yields when water and mineral resources are not limiting. The use of biostimulants can help maintain regrowth under resource-limited conditions due to climate change and limited fertilizer use. The biostimulating effect of an algal extract was assessed on the regrowth capacity after cutting of perennial ryegrass sown in Normandy. The study was carried out over two consecutive years, in 2023 and 2024. Several doses (0.5; 2; 5 and 10 L.ha⁻¹) of the algal extract (*Laminaria digitata*) were sprayed on 50 x 50 cm microplots right after defoliation. In the first year, plants were cut at 5 cm above ground. Algal extracts tended to improve plant regrowth, but the cutting height of 5 cm led to difficulties in assessing the cutting level during harvesting. In the second year, plants were cut at 2 cm above ground, making the cutting level clearly visible. The results confirm the trends observed in 2023, with the algal extract at 2 and 5 L.ha⁻¹ having a positive and significant effect on ryegrass regrowth after cutting, and this on two consecutive tests. The protocol followed in 2024 will make it possible to evaluate the biostimulating effect of various compounds on the regrowth of ryegrass in open field conditions.

Auteurs

Grandin-Courbet A.,^{1,2}
Prud'homme M.-P.¹,
Hennequart F.², Launay F.³,
Morvan-Bertrand A.¹

¹UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE, INRAE, EVA, UMR 950, F-14000 CAEN, FRANCE.

²ALGAIA SAS, 91 RUE EDOUARD BRANLY, 50000, SAINT-LÔ, FRANCE.

³INRAE UNITÉ EXPÉRIMENTALE DU PIN BORCULO EXMES, 61310, GOUFFERN EN AUGE, FRANCE.

<https://doi.org/10.15454/1.5483257052131956E12>

Auteur correspondant :
annette.bertrand@unicaen.fr

Mots clés

Ray-grass anglais, extrait d'algue, repousse, biostimulant, développement d'un essai au champ

Key words

Perennial ryegrass, algal extract, regrowth, biostimulant, field protocol development

Références de l'article

Grandin-Courbet A., Prud'homme M.-P., Hennequart F., Launay F., Morvan-Bertrand A. (2025). Effet biostimulant d'un extrait d'algue (*Laminaria digitata*) sur la repousse du ray-grass anglais (*Lolium perenne*) en condition de plein champ, *Fourrages* 262, Pages 5-12.

Article accepté pour publication le 15 mai 2025

Introduction

Les prairies contribuent à l'approvisionnement en fourrages pour le bétail mais aussi à d'autres services écosystémiques comme le stockage de carbone et la régulation de la qualité de l'eau (Smit *et al.*, 2008; Dumont *et al.*, 2019). Le ray-grass anglais (*Lolium perenne*), espèce dominante des prairies des zones tempérées, a une très bonne valeur alimentaire (Baumont *et al.*, 2009) et un rendement élevé lorsque les ressources hydriques et minérales sont non limitantes (Turner *et al.*, 2012; Elgersma *et al.*, 2005), et en l'absence de piétinement. Dans le contexte de la transition agroécologique, des pratiques sont recherchées pour améliorer la croissance tout en réduisant l'apport de fertilisants. Les biostimulants sont des produits organiques ou minéraux d'origine naturelle qui, contrairement aux fertilisants, stimulent à très faibles doses les processus de nutrition des végétaux indépendamment des éléments nutritifs qu'ils contiennent. Ils permettent ainsi d'améliorer l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs, la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol ainsi que la tolérance aux stress abiotiques et les caractéristiques qualitatives des produits récoltés (Parlement Européen et Conseil, 2019). Les biostimulants sont classiquement regroupés en cinq catégories : i) les extraits végétaux incluant les algues, ii) les microorganismes et leurs extraits, iii) les hydrolysats de protéines et les acides aminés, iv) les substances humiques telles que les acides humiques et fulviques et v) les substances minérales non nutritives comme le silicium (Du Jardin, 2015 ; Yakhin *et al.*, 2017). Le développement d'un biostimulant passe par une approche de type « pharmacologique » dans laquelle les produits candidats sont testés dans des conditions contrôlées de façon à sélectionner les candidats les plus prometteurs pour passer à des tests en conditions de plein champ (du Jardin, 2015). Cela nécessite la mise en place de tests reproductibles permettant de déterminer et quantifier les effets des produits ainsi que les doses produisant un effet bénéfique. Dans le cas du ray-grass anglais, nous avons mis en place un protocole en conditions contrôlées qui a permis de mettre en évidence l'effet protecteur vis-à-vis de la sécheresse d'un extrait d'algue brune (Grandin-Courbet *et al.*, 2025). Sur le terrain, les méthodologies permettant d'évaluer la croissance du ray-grass anglais sont principalement basées sur des mesures de productivité entre deux fauches, soit directement par des mesures de biomasses récoltées (Stewart & Hayes, 2011), soit indirectement par des analyses d'images (Ghamkhar *et al.*, 2019). Cependant, la productivité entre deux fauches est un paramètre qui résulte de l'influence de nombreux facteurs intrinsèques (morphologie des feuilles, densité des talles) et extrinsèques (interactions biotiques, stress abiotiques) (Ghamkhar *et al.*, 2019), ce qui limite l'acquisition de mesures précises permettant de mettre en évidence des différences significatives liées à un traitement.

Il existe sur le marché une gamme grandissante de produits biostimulants mais leurs effets sur les prairies ont été peu évalués (Mackiewicz-Walec & Olszewska, 2023). Les rares études menées jusqu'à présent sur le ray-grass anglais en conditions

contrôlées ou au champ montrent que i) la croissance foliaire est augmentée par des substances humiques (Acuña *et al.*, 2022), des microorganismes (Jankowski *et al.*, 2018), des acides aminés (De Luca *et al.*, 2020) et le chitosan (Acemi *et al.*, 2021), ii) la qualité fourragère est améliorée par des microorganismes (Jankowski *et al.*, 2018 ; De Luca *et al.*, 2020 ; Olszewska, 2022) et des extraits d'algues (Godlewska & Ciepiela, 2020 ; Zielewicz *et al.*, 2023) et iii) la croissance racinaire est augmentée par des substances humiques (Daneshvar Hakimi Maibodi *et al.*, 2015 ; Acuña *et al.*, 2022) et le chitosan (Acemi *et al.*, 2021). Les seuls extraits d'algues testés sont ceux de deux espèces d'algues brunes, *Ascophyllum nodosum* et *Ecklonia maxima*. *Laminaria digitata* est l'une des espèces d'algues brunes les plus communément exploitées en Europe (Jacob *et al.*, 2012). Ses extraits confèrent aux espèces végétales une meilleure résistance aux stress biotiques (Sharma *et al.*, 2014) mais leurs effets biostimulants sont peu documentés (Ali *et al.*, 2021).

Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude sont de i) développer une méthodologie permettant d'évaluer l'effet biostimulant de produits variés sur la repousse du ray-grass anglais sur le terrain et ii) d'utiliser cette méthodologie pour tester l'effet biostimulant d'un extrait d'algue brune (*Laminaria digitata*) en condition de plein champ. Les tests ont été réalisés sur deux années consécutives avec une adaptation du protocole entre les deux années de façon à améliorer la fiabilité des résultats obtenus. Ils ont été réalisés sur la période estivale au cours de laquelle la croissance peut être réduite du fait de ressources hydriques limitées et/ou de températures élevées, et au cours de laquelle l'apport de biostimulant peut donc avoir un intérêt. L'effet sur la repousse a été évalué 24 heures et/ou 6 jours après la coupe, c'est-à-dire pendant la période cruciale durant laquelle l'alimentation en carbone et en azote des méristèmes foliaires dépend de la mobilisation des réserves (Morvan-Bertrand *et al.*, 1999b).

Matériel et Méthodes

Présentation de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée, sur le domaine expérimental INRAE du Pin (<https://doi.org/10.15454/1.5483257052131956E12>) en Normandie sur une parcelle (48.7279, 0.1769) caractérisée par un sol argilo-limoneux fin (Kohler *et al.*, 2020). La parcelle a été semée avec du ray-grass anglais (*Lolium perenne* var. *Delika*) en septembre 2022 (fig. 1). Des apports de fertilisant ont eu lieu les 24 avril 2023 (40 kg N.ha⁻¹), 26 mai 2023 (27 kg. N.ha⁻¹) et 12 juin 2024 (30 kg N.ha⁻¹) avec un engrais type ammonitrate contenant 33,5% d'azote total. Des fauches ont eu lieu sur l'ensemble de la parcelle les 19 avril, 21 mai, 26 juin et 20 juillet en 2023 et les 29 mai et 19 juin en 2024.

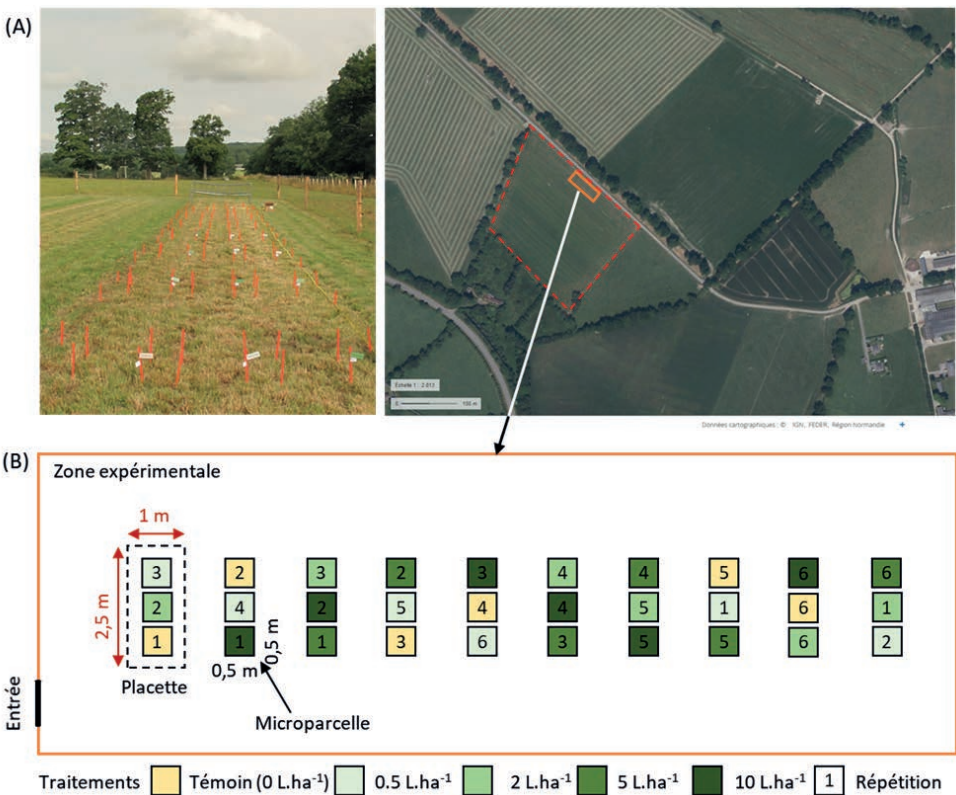


Figure 1 : Mise en place des placettes et des micro-parcelles sur la zone expérimentale (A) et schématisation de la zone expérimentale incluant le positionnement des traitements et de leurs réplicats (B).

Figure 1 : Plot and microplot layout in the experimental area (A) and schematic diagram of the experimental area including the positioning of conditions and their replicates (B).

Les données météorologiques ont été suivies depuis la plateforme INRAE CLIMATIK (Delannoy et al., 2022) gérée par le laboratoire AgroClim d'Avignon, France (station AgroClim numéro 61328003). Les paramètres météorologiques quotidiens ont été relevés sur une période de 21 jours avant chaque test (fig. 2A-C) et le jour qui a suivi la coupe correspondante (fig. 2E-G). Lors des 21 jours précédant chaque test, le cumul des précipitations a été respectivement de 40 ; 25 et 29 mm en août 2023, juillet 2024 et août 2024. Les températures moyennes journalières ont varié entre 13,4 et 24,5°C de façon similaire pour les trois périodes de 21 jours (encart fig. 2D). Au cours des 24h qui ont suivi la coupe, le pourcentage d'humidité et l'intensité des radiations photosynthétiquement actives (PAR) ont été similaires pour les trois tests (fig. 2F et G). Au contraire, la température instantanée horaire mesurée sous abri a été contrastée (fig. 2E), en particulier pour les valeurs maximales qui ont été respectivement de 18,8 ; 21,7 et 28,4 °C les 30 août 2023, 10 juillet 2024 et 28 août 2024 (fig. 2E).

Dispositif expérimental et traitements

Au sein de la parcelle, une zone expérimentale gérée par fauche a été délimitée (fig. 1A-B). Dans la zone expérimentale, dix placettes de 1 x 2,5 m ont été délimitées en ligne avec un intervalle de 1,5 m entre chacune permettant de créer une zone tampon (fig. 1B). Dans chaque placette, trois microparcelles de 50 x 50 cm ont été délimitées, soit un total de 30 microparcelles.

Les six réplicats de chacun des cinq traitements (pulvérisation d'eau ultrapure ou d'extrait de *Laminaria digitata* fourni par la Société Algaia à 0,5 ; 2 ; 5 ou 10 L.ha⁻¹) ont été positionnés aléatoirement et de façon à répartir les traitements sur l'ensemble du dispositif (fig. 1B).

La veille de la première pulvérisation (29 août 2023), la parcelle a été tondue autour des placettes. Le lendemain (J0), une coupe manuelle a été opérée dans les placettes à l'aide de cisailles à main à une hauteur de 5 cm (fig. 3A) et en évacuant le produit de la fauche. Après la coupe, des pulvérisations avec de l'eau ultrapure (témoin) ou de l'extrait d'algue (0,5 ; 2 ; 5 et 10 L.ha⁻¹) ont été réalisées à l'aide de pulvérisateurs STIHL SG31 munis d'une protection anti-éclaboussure. Chaque dose est apportée à raison de 28 mL par microparcelle. Ce volume est apporté en pulvérisant à débit constant à 10 cm au-dessus de la végétation en un seul passage en déplaçant l'embout protecteur doucement de façon à parcourir 50 cm en 4 s. Après 24h (J1), les microparcelles ont été séparées en deux dans la diagonale.

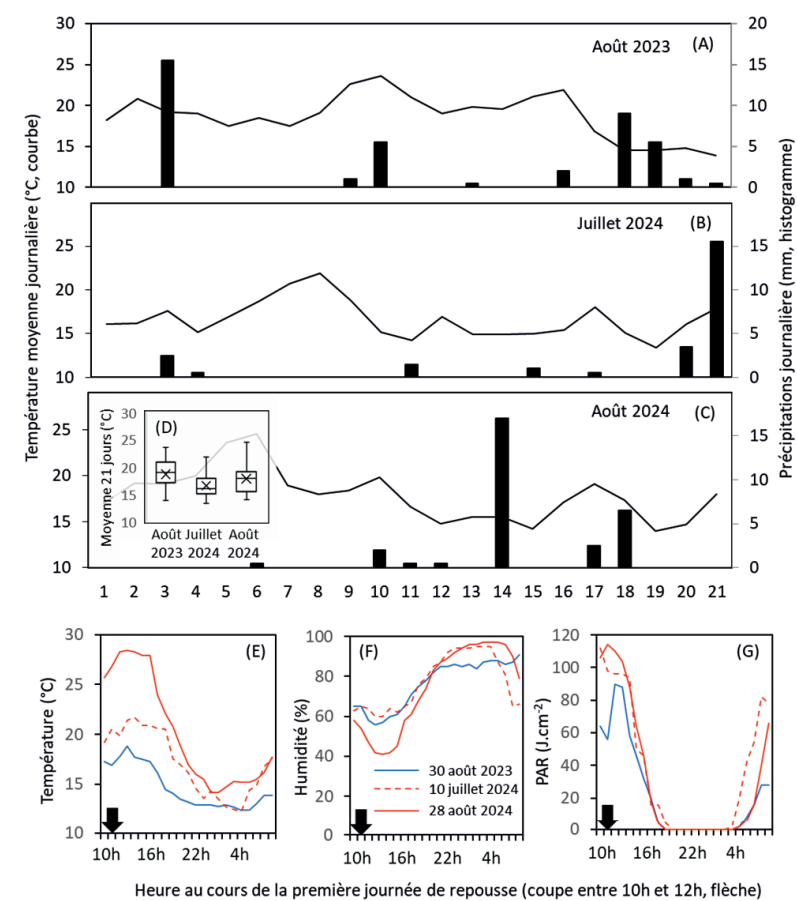


Figure 2 : Température moyenne et précipitations journalières sur le domaine expérimental INRAE du Pin pendant les 21 jours précédant la coupe d'août 2023 (A), juillet 2024 (B) et août 2024 (C). Les boîtes de dispersion des températures moyennes journalières des 21 jours sont présentées en encart (D). Les évolutions horaires de la température (E), de l'humidité relative (F) et de l'intensité des radiations photosynthétiquement actives (PAR, G) sont présentées au cours de la première journée de repousse suivant chaque coupe.

Figure 2 : Average daily temperature and precipitation on the "INRAE Le Pin" experimental station during the 21 days preceding cutting in August 2023 (A), July 2024 (B) and August 2024 (C). Scatter plots of mean daily temperatures for these 21 days are shown in box (D). Hourly changes in temperature (E), relative humidity (F) and the intensity of photosynthetically active radiation (PAR, G) are presented during the first day of regrowth following each cut.

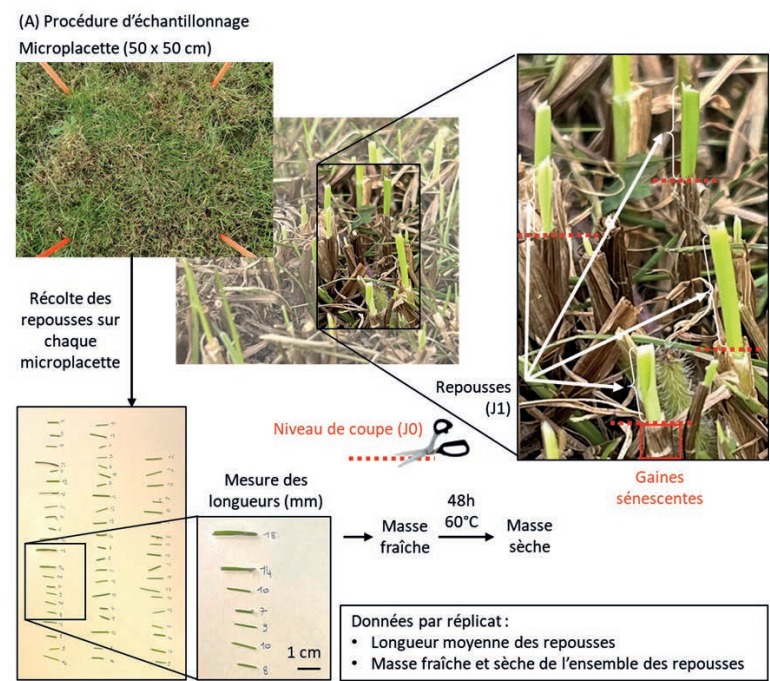


Figure 3 : Procédure d'échantillonnage sur chacune des microparcelles permettant d'obtenir une longueur et une masse sèche moyenne par repousse (A) et représentation schématique de la repousse des talles coupées à 2 ou 5 cm (B).

Sur une moitié de la microparcelle, l'ensemble des tissus foliaires ayant poussé depuis la coupe (repousse) est échantillonné aux ciseaux au niveau de la marque de coupe visualisée grâce aux gaines coupées qui ne repoussent pas (fig. 3). Il a ainsi été récolté entre 30 à 40 repousses par microparcelle (soit en moyenne 36 repousses par microparcelle). Les sachets contenant les repousses ont été maintenus sur glace jusqu'au retour au laboratoire. Six jours après la pulvérisation (J6), une récolte similaire à J1 est opérée dans l'autre moitié de la microparcelle, mais en récoltant dans ce cas uniquement 20 repousses par microparcelle car la biomasse obtenue est plus élevée qu'après 1 jour de repousse et suffisante pour les mesures à effectuer.

Lors de l'année 2024 (fig. 5E), une coupe manuelle aux ciseaux à main est réalisée le 10 juillet (J0a) à 2 cm de hauteur (fig. 3B). Les pulvérisations sont ensuite réalisées selon les mêmes modalités qu'en 2023. Après 24h (J1a), des échantillons d'une soixantaine de repousses par microparcelle (en moyenne 65) ont été récoltés et conditionnés comme en 2023. Le 30 août, le même protocole a été suivi (J0b et J1b) avec en moyenne 62 repousses récoltées dans chaque microparcelle. Le nombre de repousses récoltées par microparcelle a été augmenté par rapport à 2023 de façon à obtenir un résultat plus représentatif. Les mesures ont été faites uniquement après 24h de repousse (J1a et J1b) de façon à obtenir des données plus homogènes entre les réplicats.

Mesures en laboratoire

Les mesures ont été réalisées de la même manière en 2023 et 2024. Les repousses d'une même microparcelle ont été séparées les unes des autres et disposées sur une feuille blanche, puis comptées (fig.3A). La longueur de chaque repousse a été mesurée. Les repousses d'une même microparcelle ont ensuite été rassemblées et pesées afin d'obtenir la masse fraîche. Après 48h à 60°C dans une étuve, la masse sèche a été déterminée. Pour chaque microparcelle, correspondant à un réplicat, la longueur moyenne des repousses a été calculée et la masse sèche de l'ensemble des repousses a été divisée par le nombre de repousses. Pour chaque condition (traitements à 0 ; 0,5 ; 2 ; 5 et 10 L.ha⁻¹) les moyennes et erreurs standards ont été calculées à partir des 6 réplicats.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 4.0.3). La normalité de la distribution des données (test de Shapiro-Wilk, 95%) et l'homogénéité des variances (test de Bartlett, 95%) ont été vérifiées. Pour chaque date de récolte, les valeurs obtenues pour les plantes traitées avec chaque dose d'extrait d'algue ont été comparées à celles obtenues pour les plantes témoin traitées à l'eau (0 L.ha⁻¹) par le test de Dunnett à l'aide de la fonction 'DunnettTest' du package 'DescTools' de R (Signorell, 2024).

Résultats

Lors de la première année expérimentale (2023), la repousse moyenne des témoins (0 L.ha⁻¹) était de $17,8 \pm 1,6$ mm un jour après la coupe (fig. 4A). Pour les plantes pulvérisées avec l'extrait d'algue à 0,5 ; 2 et 5 L.ha⁻¹, la hauteur moyenne tend à être plus élevée (de 18,3 à 18,7 mm). Au contraire, elle tend à être plus faible pour les plantes pulvérisées à 10 L.ha⁻¹ (15,7 mm). Après 6 jours, la longueur des repousses des plantes traitées à 2 L.ha⁻¹ ($97,8 \pm 7,9$ mm) tend à rester plus élevée que celle des plantes témoin ($85,5 \pm 8,4$ mm). Comme à J1, la longueur des repousses des plantes traitées à la dose la plus forte, 10 L.ha⁻¹, tend à être plus faible que celle des plantes témoin ($73,2 \pm 6,9$ mm ; fig. 4A). Ces différences de longueur de repousse ne sont pas associées à des différences de biomasse après un jour de repousse (fig. 4B), ce qui suggère que les tissus produits sont moins denses. Après six jours, les repousses des plantes traitées à 2 et 5 L.ha⁻¹ tendent à avoir une biomasse plus élevée (7,8 et 7,6 mg.repousse⁻¹ respectivement) que celles des plantes témoin (6,9 mg.repousse⁻¹). En revanche, les repousses des plantes traitées à 10 L.ha⁻¹ ont une biomasse qui tend à être plus faible (6,1 mg.repousse⁻¹) que celle des plantes témoin.

Pour la deuxième année expérimentale (2024), les mesures de repousse ont été faites uniquement à J1 lors de deux tests réalisés mi-juillet et fin août avec des coupes à 2 cm de hauteur suivies des pulvérisations (fig. 5E). Les longueurs des repousses des plantes témoin (fig.5A-5C) étaient plus faibles pour ces deux tests, $13,4 \pm 0,6$ mm et $9,4 \pm 0,8$ mm, que celles des repousses des plantes coupées à 5 cm en 2023 ($17,8 \pm 1,6$ mm, fig. 4A). Ces différences pourraient s'expliquer au moins en partie par les différences de température entre les deux années, avec des températures plus élevées en 2024 qu'en 2023, en particulier lors du second test de 2024 (28 août 2024 ; Fig. 2E). Lors du premier test, il n'y a pas eu d'effet significatif des traitements sur la longueur et la masse sèche des repousses (fig. 5A-5B). Lors du second test, la longueur des repousses des plantes traitées à 2 et 5 L.ha⁻¹ était significativement plus élevée ($12,7 \pm 0,6$ et $11,7 \pm 0,4$ mm) que celle des plantes témoin ($9,4 \pm 0,8$ mm, fig. 5C). Concernant la masse sèche, l'extrait d'algue à 2 L.ha⁻¹ a amélioré significativement la production de biomasse (+ 56 % en mg MS.repousse⁻¹ par rapport aux plantes témoin, fig. 5D).

Lors du test de 2023 (J6, fig. 4A-4B) et du second test de 2024 (fig.5C-5D), les mesures de longueur et de biomasse des repousses ont permis de mettre en évidence un effet dose de l'extrait. Dans les deux cas, le traitement à 2 L.ha⁻¹ a conduit à la réponse maximale.

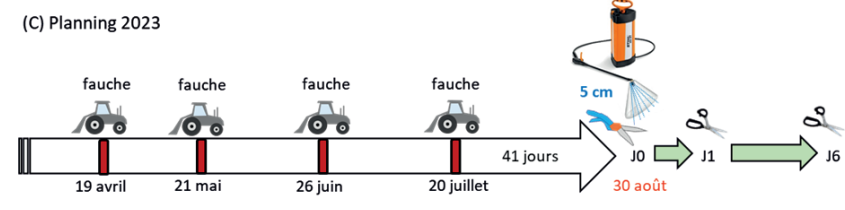
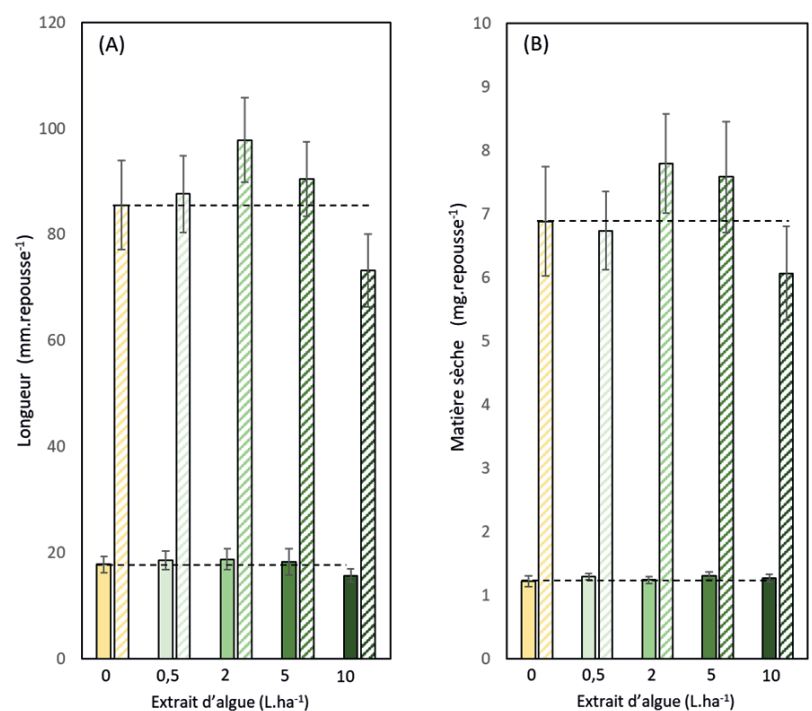
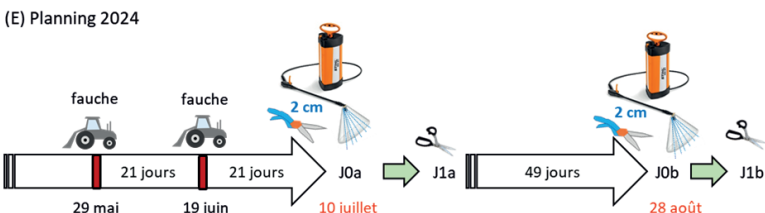
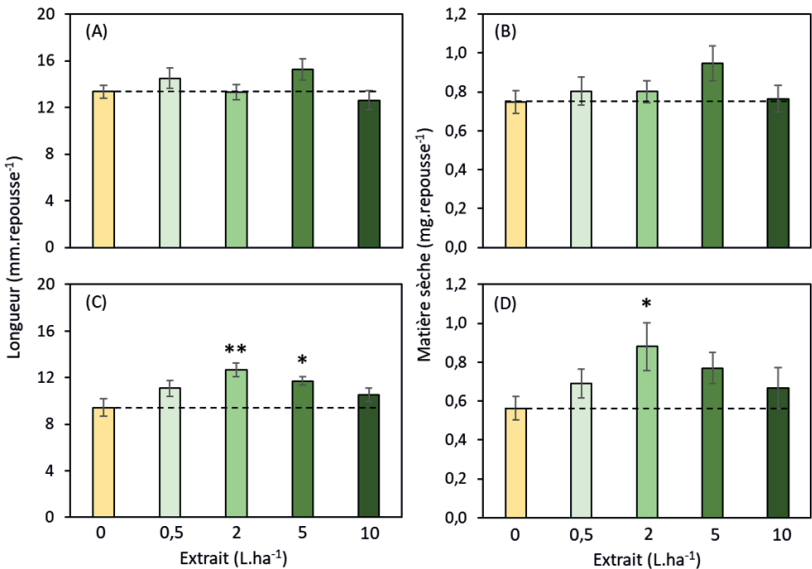


Figure 5 : Longueur (A, C) et masse sèche (B, D) des repousses un jour après la coupe du 10 juillet 2024 (J1a; A, B) et du 28 août 2024 (J1b; C, D) selon le planning 2024 (E). Chaque barre représente la moyenne $\pm$ l'erreur standard ($n=5$ ou 6). La ligne pointillée indique la valeur moyenne des plantes témoin (0 L.ha^{-1}). Les différences entre les plantes témoin (0 L.ha^{-1}) et les plantes traitées avec l'extrait d'algue ont été analysées par test de Dunnett (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$).

Figure 5: Length (A, C) and dry mass (B, D) of regrowth one day after cutting on 10 July 2024 (J1a; A, B) and 28 August 2024 (J1b; C, D) according to the 2024 schedule (E). Each bar represents the mean $\pm$ standard error ($n=5$ or 6). The dotted line indicates the mean value of the control plants (0 L.ha^{-1}). Differences between controls (0 L.ha^{-1}) and plants treated with algal extract were analysed by Dunnett's test (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$).



Discussion

Lors de la première année d'expérimentation (2023), l'extrait d'algue a démontré une tendance à l'amélioration de la croissance et de production de biomasse chez le ray-grass anglais. Cependant, la coupe réalisée à 5 cm du sol a rendu la récolte des repousses peu précise car elle était basée sur le prélèvement de la partie de la feuille en croissance qui émerge au-dessus des gaines coupées. Ces gaines correspondent à la base des feuilles adultes qui ne repoussent pas (fig. 3). Avec cette hauteur de coupe, certaines tiges n'ont pas été coupées au niveau des gaines mais seulement au niveau des feuilles en croissance ce qui ne permet pas de visualiser le niveau de coupe puisque ces feuilles poursuivent leur croissance après la coupe (fig. 3).

Le ray-grass étant une espèce capable de repousser après une coupe sévère (Lee *et al.*, 2008), le niveau de coupe a été baissé à 2 cm lors de la deuxième année expérimentale (2024) de façon à couper au niveau des gaines qui ne repoussent pas. Dans ces conditions, les anciennes gaines sénescentes entourant les feuilles en croissance étaient bien visibles pour chaque tige (fig. 3A). Cette modification a permis d'améliorer grandement la détection du niveau de coupe et a donc facilité le prélèvement des repousses. De plus, cette coupe à 2 cm a permis de mieux gérer l'hétérogénéité du terrain qui comportait des variations micro-topographiques de quelques centimètres (creux et bosses) risquant d'entraîner des variations de la hauteur de coupe au sein d'une même microparcelle. Cet écart a été plus aisément pris en compte lors de la coupe à 2 cm. Ce changement dans le protocole a permis de reproduire et affiner les résultats obtenus l'année précédente, démontrant dans ces conditions une amélioration significative de croissance et de production de biomasse suite à la pulvérisation de l'extrait d'algue à 2 et 5 L.ha⁻¹.

Ce résultat est en accord avec les données de la littérature qui montrent que les biostimulants présentent un effet dose avec des doses optimales et des doses inefficaces voire délétères (Godínez-Mendoza *et al.*, 2023), ce qui nécessite de les utiliser avec précaution. Pour les plantes témoin, la longueur et la biomasse des repousses 24h après la coupe étaient plus élevées pour le test de 2023 que pour celui de 2024. Ces différences peuvent être dues à la hauteur de coupe, donc à la plus grande quantité de réserves carbonées et azotées présentes dans les tissus foliaires situés en dessous du niveau de coupe (chaume) et à partir desquelles les repousses se développent. Cette relation entre le niveau des réserves des chaumes et la production des nouveaux tissus foliaires a été montrée chez les espèces prairiales incluant le ray-grass (Morvan-Bertrand *et al.*, 1999a). La hauteur de coupe influence aussi directement la surface foliaire photosynthétique résiduelle, ce qui influence la vitesse de repousse (Meuriot *et al.*, 2018) et pourrait modifier l'effet de l'extrait d'algue. Les différences de longueur et de biomasse des repousses entre les tests pourraient aussi être dues aux différences de conditions météorologiques le jour de la coupe, avec une température plus élevée lors des tests

de 2024 en particulier lors du second test. En effet la croissance du ray-grass est très sensible à la température et ralentit fortement pour des températures supérieures à 20°C (Parsons & Robson, 1980).

Conclusion & Perspectives

Cette étude a permis de développer une méthodologie expérimentale visant à étudier l'effet biostimulant de produits variés sur la repousse du ray-grass anglais en condition de plein champ. L'efficacité de l'extrait de laminaire observée à court terme sur la repousse est encourageante. Pour évaluer si les effets observés avec une coupe à 2 cm sont vérifiés avec des hauteurs de coupe plus élevées, des tests sur des bandes parcelles plus grandes et tout au long de l'année, en respectant les rythmes et les hauteurs de fauches pratiqués dans les exploitations agricoles, pourraient être mis en place en récoltant l'ensemble de la repousse entre deux fauches.

En conditions contrôlées, il a été montré que cet extrait de laminaire permettrait d'atténuer l'effet de la sécheresse sur le ray-grass anglais (Grandin-Courbet *et al.*, 2025) avec un même effet dose et la même dose optimale (2 L.ha⁻¹). Dans le contexte du changement climatique, il serait intéressant de tester l'effet de l'extrait en condition de sécheresse en plein champ grâce à l'usage de rideaux de pluie (Kreyling *et al.*, 2017) et de comparer plusieurs variétés présentant des différences de croissance selon les conditions climatiques (Bothe *et al.*, 2018).

Remerciements

Nous tenons à remercier Anne-Françoise Ameline, Véronique Signoret, Yann Sérot, Marie Lecavelier et Pauline Venet pour leur aide lors des coupes et des récoltes. Nous tenons aussi à remercier Stéphane Clouard, Denis Chatelais, Benoît Guibout et Jérôme Levallois pour la mise en place et le suivi des parcelles. Ce travail a été financé par l'Université de Caen Normandie, INRAE, la société Algaia, la Région Normandie et les FEADER (projet BIOSIM-ALMAP). Antoine Grandin-Courbet a bénéficié d'un contrat doctoral CIFRE (2021/1265) de l'ANRT (Association Nationale de la Recherche et de la Technologie).

Références bibliographiques

- Acemi A., Tirli D., Yildiz S., Özen F. (2021). Developmental responses of perennial ryegrass, red fescue, and Kentucky bluegrass to in vitro chitosan treatments. *Biotech Studies* 30, 63–70. <https://doi.org/10.38042/biotechstudies.953507>
- Acuña A., Gardner D., Villalobos L., Danneberger K. (2022). Effects of plant biostimulants on seedling root and shoot growth of three cool-season turfgrass species in a controlled environment. *International Turfgrass Society Research Journal* 14, 416–421. <https://doi.org/10.1002/its2.97>
- Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production. *Plants* 10, 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Baumont R., Aufrère J., Meschy F. (2009). La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages* 198, 153–173.
- Bothe A., Westermeier P., Wosnitza A., Willner E., Schum A., Dehmer K. J., Hartmann S. (2018). Drought tolerance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) as assessed by two contrasting phenotyping systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204, 375–389. <https://doi.org/10.1111/>

- jac.12269
- Daneshvar Hakimi Maibodi N., Kafi M., Nikbakht A., Rejali F. (2015). Effect of foliar applications of humic acid on growth, visual quality, nutrients content and root parameters of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Plant Nutrition* 38, 224–236. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.939759>
- Delannoy D., Maury O., Décome J. (2022). CLIMATIK : système d'information pour les données du réseau agroclimatique INRAE. <https://doi.org/10.57745/AJNXEN>, Recherche Data Gouv, V1
- De Luca V., Gómez de Barreda D., Lidón A., Lull C. (2020). Effect of nitrogen fixing microorganisms and amino acid-based biostimulants on perennial ryegrass. *HortTechnology* 30, 280–291. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04236-19>
- Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Dumont B., Ryschawy J., Duru M., Benoit M., Chatellier V., Delaby L., Donnars C., Dupraz P., Lemauiel-Lavenant S., Méda B., Vollet D., Sabatier R. (2019). Review: Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal* 13, 1773–1784. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002586>
- Elgersma A., Maudet P., Witkowska I.M., Wever A.C. (2005). Effects of nitrogen fertilisation and regrowth period on fatty acid concentrations in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Annals of Applied Biology* 147, 145–152. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.00020.x>
- Ghamkhar K., Irie K., Hagedorn M., Hsiao J., Fourie J., Gebbie S., Hoyos-Villegas V., George R., Stewart A., Inch C., Werner A., Barrett B. 2019. Real-time, non-destructive and in-field foliage yield and growth rate measurement in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Methods* 15, 72. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0456-2>
- Godínez-Mendoza P.L., Rico-Chávez A.K., Ferrusquía-Jimenez N.I., Carbajal-Valenzuela I.A., Villagómez-Aranda A.L., Torres-Pacheco I., Guevara-González R.G. (2023). Plant hormesis: Revising of the concepts of biostimulation, elicitation and their application in a sustainable agricultural production. *Science of The Total Environment* 894, 164883. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164883>
- Godlewska A., Ciepiela G.A. (2020). Carbohydrate and lignin contents in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) treated with sea bamboo (*Ecklonia maxima*) extract against the background of nitrogen fertilisation regime. *Applied Ecology and Environmental Research* 18, 6087–6097. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1805_60876097
- Grandin-Courbet A., Morvan-Bertrand A., Dehail M., Hennequart F., Prud'homme M.P. (2025). *Laminaria Laminaria digitata* Extract Improved Leaf Meristem Protection Under Drought and Nitrogen Uptake After Rehydration Through Hormesis-Based Chemical Priming in *Lolium perenne*. *Plant, Cell & Environment*. <https://doi.org/10.1111/pce.15646>
- Jacob C., Frangoudes K., Mesnildrey L., Lesueur M., Spinec F., Folliard G., Pien S., Rebours C., Meland M., Gallastegi I., Inunziaga Urizarbarrena A., Marques A., Attack T., Dunningham J., Maguire J., Abreu H., Walsh M. (2012). Etats des lieux de la filière des macro-algues en Europe. Rapport réalisé dans le cadre du projet NETALGAE - Interreg IVB, 12pp.
- Jankowski K., Truba M., Wis'niewska-Kadz'ajan B., Sosnowski J., Malinowska E. (2018). The effect of soil conditioners on yield of dry matter, protein, and sugar in grass. *Acta Agrophysica* 25, 45–58. doi: 10.31545/aagr0004
- Kohler C., Morvan-Bertrand A., Lemauiel-Lavenant S., Gallard Y., Cliquet J.B. (2020). Comparaison de l'impact de deux méthodes de rénovation d'une prairie du domaine expérimental INRAE du Pin-au-Haras sur la productivité et l'évolution des stocks de carbone du sol : le resemis et le sursemis. *Fourrages* 243, 31–37.
- Kreyling J., Dengler J., Walter J., Velev N., Ugurlu E., Sopotlieva D., Ransijn J., Picon-Cochard C., Nijs I., Hernandez P., Behlul G., von Gillhaussen P., De Boeck H.J., Bloor J.M.G., Berwaers S., Beierkuhnlein C., Arfin Khan M.A.S., Apostolova I., Altan Y., Zeiter M., Wellstein C., Sternberg M., Stampfli A., Campetella G., Bartha S., Bahn M., Jentsch A. (2017). Species richness effects on grassland recovery from drought depend on community productivity in a multisite experiment. *Ecology Letters* 20, 1405–1413. <https://doi.org/10.1111/ele.12848>
- Lee J.M., Donaghy D.J., Roche J.R. (2008). Effect of defoliation severity on regrowth and nutritive value of perennial ryegrass dominant swards. *Agronomy Journal* 100, 308–314. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0099>
- Mackiewicz-Walec E., Olszewska M. (2023). Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses. *Agriculture* 13, 1796. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091796>
- Meuriot F., Morvan-Bertrand A., Noiraud-Romy N., Decau M.-L., Escobar-Gutiérrez A. J., Gastal F., Prud'homme M.-P. (2018). Short-term effects of defoliation intensity on sugar remobilization and N fluxes in ryegrass. *Journal of Experimental Botany*, 69, 3975–3986. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery211>
- Morvan-Bertrand A., Boucaud J., Prud'homme M.P. (1999a). Influence of initial levels of carbohydrates, fructans, nitrogen, and soluble proteins on regrowth of *Lolium perenne* L. cv. Bravo following defoliation. *Journal of Experimental Botany* 50, 1817–1826. <https://doi.org/10.1093/jxb/50.341.1817>
- Morvan-Bertrand A., Pavis N., Boucaud J., Prud'homme M.P. (1999b). Partitioning of reserve and newly assimilated carbon in roots and leaf tissues of *Lolium perenne* during regrowth after defoliation : assessment by ¹³C steady-state labelling and carbohydrate analysis. *Plant, Cell & Environment* 22,1097–1108 <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3040.1999.00485.x>
- Olszewska M. (2022). Effects of cultivar, nitrogen rate and biostimulant application on the chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) biomass. *Agronomy* 12, 826. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040826>
- Parlement Européen et Conseil. (2019) Règlement (UE) 2019/ du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE, modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) no 2003/2003. 114.
- Parsons A.J., Robson M.J. (1980). Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). 1. Response of leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. *Annals of Botany* 46, 435–444. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085935>
- Smit H.J., Metzger M.J., Ewert F. (2008). Spatial distribution of grassland productivity and land use in Europe. *Agricultural Systems* 98, 208–219. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.07.004>
- Sharma H.S.S., Fleming C., Selby C., Rao J.R., Martin T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology* 26, 465–490. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>
- Stewart A., Hayes R. 2011. Ryegrass breeding-balancing trait priorities. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 50, 31–46. <http://hdl.handle.net/11019/30>
- Turner L.R., Holloway-Phillips M.M., Rawnley R.P., Donaghy D.J., Pembleton K.G. (2012). The morphological and physiological responses of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.; syn. *Schedonorus phoenix* Scop.) to variable water availability. *Grass and Forage Science* 67, 507–518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00866.x>
- Signorell A. (2024). DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.58. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=DescTools>
- Yakhin O.I., Lubyantov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- Zielewicz W., Wróbel B., Stopa W., Paszkiewicz-Jasińska A., Szulc P., Klarzyńska A. (2023). Effect of soil biostimulant application on protein and carbohydrate content in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 68, 36–48. <https://doi.org/10.53502/ORNK7518>