

Étude du caractère envahissant de la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) sur le contre-canal du Rhône, rive droite



Capucine STEFFANN

Tutrice : Julie MARAIS

Remerciements

Tout d'abord, j'aimerais remercier Julie Marais et Julie Fayet de m'avoir fait confiance sur ce projet d'une grande ampleur pour réaliser cette dernière année d'études. J'aimerais également remercier Marius et Xavier pour les précieuses données collectées durant leurs stages en 2024 et en 2025. Clôturer trois ans d'études, c'est mettre en valeur mes résultats, mais aussi ceux des deux stagiaires qui m'ont précédé.

J'aimerais remercier le directeur de la Fédération de pêche, Pascal, pour nous avoir toujours donné le sourire à chaque passage dans notre bureau. Claude, pour toutes ses apparitions surprises à la Fédération de pêche et ses anecdotes de pêche.

Je remercie également Alain Dutartre, Romain Brusson, Jean-Phillipe Reygrobellet et Louise Turpin pour leurs conseils et leurs retours lors de ma présentation.

Enfin, j'aimerais remercier tout particulièrement mes trois voisins de bureau : Maxime et Manon M., qui m'ont accompagné tous les mois sur le terrain et ont gonflé tous les jours ce kayak, peu importe les températures. Manon H., qui m'a accompagné dans cette rédaction de mémoire en gardant toujours le sourire et les bonnes blagues. Merci à vous trois pour la bonne humeur en pêche électrique, pour ces baignades au Gardon et pour tous nos déjeuners sous notre pare-soleil de fortune.

Merci à la Fédération de pêche et à son président, Vincent Ravel, pour ce superbe accueil pendant six mois qui clôture trois ans d'une très belle étude.

Table des matières

INTRODUCTION.....	6
--------------------------	----------

I- CONTEXTE.....	7
-------------------------	----------

1- <i>PISTIA STRATIOTES</i>, UNE PLANTE AQUATIQUE ENVAHISSANTE AUX MULTIPLES IMPACTS	7
A) UNE DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE, ÉCOLOGIE ET UNE RÉPARTITION MONDIALE DE LA LAITUE D'EAU	7
B) PERTURBATION DES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES ET RÉDUCTION DE LA BIODIVERSITÉ PAR <i>PISTIA STRATIOTES</i>	8
C) L'IMPACT ÉCONOMIQUE DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> ET LE RÔLE DE LA FÉDÉRATION DE PÊCHE DU GARD.....	9
2. LE CONTRE-CANAL DU RHÔNE : UN MILIEU ANTHROPISÉ PROPICE À L'INVASION DE LA LAITUE D'EAU.....	10
A) CARACTÉRISTIQUES DU CONTRE-CANAL DU RHÔNE, RIVE DROITE	10
B) UNE ÉTUDE SUR TROIS ANS POUR COMPRENDRE LES DYNAMIQUES INTERANNUELLES.....	11
C) LES ENJEUX DE GESTION POUR LA COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE	12

II- MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	12
---------------------------------------	-----------

1. UTILISATION DE SONDES MULTI-PARAMÈTRES ET PRÉLÈVEMENTS D'EAU POUR ÉVALUER LE LIEN ENTRE LES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET <i>PISTIA STRATIOTES</i>	12
2. RÉALISATION D'UN SUIVI FLORISTIQUE DANS LE CONTRE-CANAL	14
A) QUANTIFICATION DE L'EXPANSION SPATIALE DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> ET <i>LUDWIGIA GRANDIFLORA</i> PAR UNE CARTOGRAPHIE	14
B) ÉTUDE DES INTERACTIONS ENTRE <i>PISTIA STRATIOTES</i> ET DES AUTRES MACROPHYTES VIA LA RÉALISATION DE QUADRATS TOUT LE LONG DU CONTRE-CANAL.....	14
3. EXPLORATION DE LA VIE SUBAQUATIQUE POUR ÉVALUER L'IMPACT DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> SUR LA BIODIVERSITÉ	15
4. ÉTUDE DES MÉCANISMES DE REPRODUCTION ET D'INVASION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	16
A) SUIVI DE REPRODUCTION PAR LA GERMINATION DE GRAINE RÉCOLTÉE SUR LE CONTRE-CANAL ET LA QUANTIFICATION DU RÔLE DES STOLONS	16
B) PROTOCOLE DE MESURE DE LA BIOMASSE ET MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DE POPULATION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	17
D) MESURE DE L'INVASION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> ET SURVEILLANCE DES ZONES AUX ALENTOURS DU CONTRE-CANAL....	18
5. MODÉLISATION DE L'EXPANSION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> POUR PRÉDIRE LES DYNAMIQUES FUTURES	19
A) IDENTIFICATION DES FACTEURS INFLUENÇANT LA CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE DE LA LAITUE D'EAU	19
B) CRÉATION D'UN MODÈLE SIMULANT LA CROISSANCE ET L'EXPANSION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	19
C) PRÉDICTION DE L'ÉVOLUTION D'INVASION GRÂCE AUX DONNÉES COLLECTÉES ENTRE 2024 ET 2026.....	20

III. RÉSULTATS.....	21
----------------------------	-----------

1. INFLUENCE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES SUR LA CROISSANCE DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	21
A) ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DANS LE CONTRE-CANAL ET CORRÉLATION AVEC LA CROISSANCE DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	21
B) RÉDUCTION DE LA PÉNÉTRATION LUMINEUSE SOUS LES TAPIS DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	22
C) DÉTECTION D'ÉPISODES D'HYPOXIE SOUS LES TAPIS PAR SUIVI DE L'OXYGÈNE DISSOUS	22
E) LIEN ENTRE LES CONCENTRATIONS EN NUTRIMENT ET LA PROLIFÉRATION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	24
2. DÉVELOPPEMENT DE LA VÉGÉTATION AQUATIQUE DANS LE CONTRE-CANAL DU RHÔNE ET COMPÉTITION AVEC <i>PISTIA STRATIOTES</i>.....	25
A) ÉVOLUTION DES SURFACES OCCUPÉES PAR <i>PISTIA STRATIOTES</i> ENTRE 2024 ET 2026	25

B) INTERACTIONS ENTRE <i>PISTIA STRATIOTES</i> ET LES AUTRES MACROPHYTES.....	26
C) DYNAMIQUE DE COEXISTENCE ENTRE <i>LUDWIGIA GRANDIFLORA</i> ET <i>PISTIA STRATIOTES</i> DANS LE CONTRE-CANAL	29
3. IMPACT DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> SUR LA VIE SUBAQUATIQUE	30
A) REDUCTION DE LA DIVERSITE DES POISSONS ET MACRO INVERTEBRES SOUS LES TAPIS DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	30
B) INFLUENCE DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> SUR LA FLORE AQUATIQUE SUBMERGEE	32
4. MÉCANISMES DE REPRODUCTION ET D'EXPANSION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>.....	33
A) TAUX DE GERMINATION DES GRAINES ET VIABILITÉ DES PLANTULES DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	33
B) RÔLE DES STOLONS DANS LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE ET L'EXPANSION DE <i>PISTIA STRATIOTES</i>	35
C) REPRODUCTION SEXUELLE DE LA <i>PISTIA STRATIOTES</i>	37
D) MODÉLISATION DES DYNAMIQUES DE POPULATIONS	37
5. MODÉLISATION DE L'INVASION ET PRÉDICTION DES ZONES À RISQUE	38
A) CALIBRATION DU MODÈLE D'EXPANSION BASÉ SUR LES DONNÉES DE TERRAIN	38
B) MODÉLISATION PRÉVISIONNELLE DE L'ÉTALEMENT DE LA LAITUE D'EAU AVEC L'AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES...	39
C) IDENTIFICATION DES LEVIERS POUR OPTIMISER LA GESTION DU CONTRE-CANAL	39
<u>IV. DISCUSSION</u>	<u>41</u>
1. DYNAMIQUE D'INVASION ET RÔLE DES FACTEURS ABIOTIQUES.....	41
2. INTERACTIONS BIOTIQUES ET IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ	41
3. LE RÔLE DE LA REPRODUCTION DANS L'EXPANSION DE LA LAITUE D'EAU	42
4. MODÉLISATION ET ANALYSE DES PRÉDICTIONS POUR CONSEILLER SUR LES MÉTHODES DE GESTION.....	43
5. UNE COMMUNICATION POUR SENSIBILISER AUX ENJEUX DE LA LAITUE D'EAU	44
<u>CONCLUSION</u>	<u>45</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE.....</u>	<u>46</u>
<u>ANNEXES</u>	<u>50</u>

Table des illustrations

Figure 1: Rosette de <i>Pistia stratiotes</i> observée sur le contre-canal	7
Figure 2: Carte de l'expansion mondiale de la laitue d'eau entre 1950 et 2016 (GBIF, 2026)	7
Figure 3: (A) Schéma de <i>Pistia stratiotes</i> (Evans, 2013), (B) Stades de développement de la fructification (Buzgo, 1994), (C) Photo de fleurs de <i>Pistia stratiotes</i>	8
Figure 4: Présentation de la zone d'étude	10
Figure 5: Évolution des surfaces colonisées sur T2 entre 2024 et 2026	11
Figure 6: (A) Boué témoin en chenal en T2, (B) Boué entourée de macrophytes dérivants, (C) Schéma de la mise en place des sondes.....	13
Figure 7: Localisation des dispositifs de suivi (sondes, transects, prélèvements d'eau, ADNe).....	14
Figure 8: Répartition de quadrats sur le contre-canal	15
Figure 9: Stades de développement pré-germinatif de <i>Pistia stratiotes</i> (Barbosa, 2019).....	17
Figure 10: Quadrat (1m ²) avant et après prélèvement.....	18
Figure 11: Carte des prises de vue en drone sur la zone d'étude et de la veille de surveillance	18
Figure 12: Exemple de courbe logistique	20
Figure 13: Photo du protocole du filet	20
Figure 14: Température sous et hors <i>Pistia stratiotes</i> , moyenne et écart-type (2025-2026).....	21
Figure 15: Comparaison de la luminosité sous et hors <i>Pistia stratiotes</i> (2024-2026)	22
Figure 16: Saturation en oxygène sous et hors <i>Pistia stratiotes</i> moyenne et écart-type	23
Figure 17: Variabilité journalière de l'OD et de la température (semaines du 1er avril et 1er août 2026)	23
Figure 18: Évolution des surfaces colonisées sur T2 entre 2024 et 2026	25
Figure 19: Évolution des surfaces totales de <i>Pistia stratiotes</i> par mois et comparaison Front et Hors front.....	25
Figure 20: Progression spatio-temporelle de <i>Pistia stratiotes</i> par tronçon.....	27
Figure 21: Proportion de quadrats selon le niveau de dominance de <i>Pistia stratiotes</i> sur le contre-canal.....	28
Figure 22: Contribution de chaque EEE au recouvrement moyen.....	28
Figure 23: Relation entre recouvrement de la laitue d'eau et de jussie	29
Figure 24 : (A) Jussie en un tapis dense de <i>Pistia stratiotes</i> , (B) Cresson de Fontaine utilisant la laitue comme substrat.....	30
Figure 25 : Photo de la pêche électrique par point en bateau (Juin, 2025).....	31
Figure 26 : Photos subaquatiques d'envasement du milieu.....	33
Figure 27 : Brèmes à la lisière du tapis de <i>Pistia stratiotes</i>	33
Figure 28: Photos du protocole de germination: A et B= eau , C= eau_fruit, D et E= sec et F= sec_fruit	34
Figure 29: Evolution des stades de germination des graines de laitue d'eau en fonction du temps pour les deux expériences selon leurs modes de conservation	35
Figure 30: Evolution de la biomasse humide et de la densité des quadrats en fonction des mois.	35
Figure 31: Poids moyen des individus par catégories du nombre de stolon en fonction des mois	36
Figure 32: Évolution mensuelle de la hauteur totale et du diamètre selon le nombre de stolons	36
Figure 33: (A) Proportion de plant en fleur en fonction des mois, (B) Comparaison du diamètre moyen des plants fleuris et non fleuris.....	37
Figure 34: Comparaison de la modélisation de la dynamique de population de <i>Pistia stratiotes</i> selon trois modèles	37
Figure 35: Calibration du taux de croissance sur l'ensemble des tronçons	38
Figure 36: Scénario de température	39
Figure 37: Approximation du volume de laitue d'eau sur le contre-canal	40
Figure 38: Modélisation des trois scénarios d'arrachage	40
Équation 1: Fonction triangulaire de la température	19
Équation 2: Fonction du modèle de <i>Pistia stratiotes</i> sur le contre-canal	20
Tableau 1: Tableau des nutriments en T2 entre mars 2024 et juillet 2026.....	24
Tableau 2: Quadrats partagés par la jussie à grande fleur et la laitue d'eau	29
Tableau 3 : Résultats de l'étude sur les macro invertébrées.....	31
Tableau 4: Résultats de la germination pour les différents modes de conservation et pour les deux expériences.....	34
Tableau 5: Estimation du taux de compaction du quadrat de 1 m ² par mois.....	43

Table des acronymes

PEE : Plantes Exotiques Envahissantes

EEE : Espèce Exotique Envahissante

EPPO : European and Mediterranean Plant Protection Organization

CNR : Compagnie Nationale du Rhône

FDAAPPMA : Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique

AAPPMA : Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

MGT: Mean Germination Time

OD: Oxygène Dissous

IBMR : Indice Biologique Macrophytes en Rivière

T1 à T4 : Tronçons 1 à 4

INTRODUCTION

Tous les huit ans, la stratégie nationale pour la biodiversité traduit l'engagement de la France à soutenir la diversité biologique. Elle a pour objectif de réduire les pressions qui pèsent sur la biodiversité, de protéger et restaurer les écosystèmes, et de susciter des changements en profondeur afin d'inverser la trajectoire du déclin de la biodiversité. (OFB, 2018) Parmi ces nouvelles pressions, les espèces exotiques envahissantes (EEE) occupent une place de plus en plus importante et sont désormais reconnues comme une menace à part entière pour les écosystèmes. (CDR-EEE, 2026) C'est pourquoi la stratégie nationale pour la biodiversité à l'horizon 2030 identifie plusieurs actions prioritaires ciblant spécifiquement les EEE, comme la mesure 10 qui souhaite limiter l'introduction et lutter contre les espèces exotiques envahissantes. Ce nouvel intérêt pour les EEE dans les politiques publiques illustre l'ampleur d'un phénomène qui touche nos paysages français. Un exemple illustrant cette problématique dans les milieux aquatiques, est celui du contre-canal du Rhône dans le Gard, où prolifère la laitue d'eau.

Depuis 2005, *Pistia stratiotes* ou laitue d'eau a été aperçue entre le canal des Arméniers et le contre-canal du Rhône à Comps. Originaires des régions tropicales, elle s'est installée dans un milieu artificialisé à faible débit et aux températures clémentes, particulièrement propice à son développement. (Dutartre, 2025) Depuis 2016, sa population est dite établie puisqu'elle y survit été comme hiver. Chaque année, elle forme des tapis denses recouvrant plusieurs hectares à la surface. Ce macrophyte flottant perturbe le fonctionnement hydraulique, menace la biodiversité aquatique et inquiète les pêcheurs de loisir qui voient leurs zones de pêche se réduire d'année en année. Ce secteur du contre-canal était pourtant historiquement une zone de pêche au carnassier très fréquentée, comptant de nombreux pêcheurs. Depuis une dizaine d'années, la Fédération de pêche du Gard observe une diminution continue de leur nombre sur ce tronçon, et les opérations d'alevinage habituellement menées dans ce secteur ont même été arrêtées à cause de la prolifération de la laitue d'eau.

C'est dans ce contexte que la Fédération départementale des associations agréées pour la pêche et la protection du milieu aquatique du Gard suit avec intérêt depuis 2024 l'évolution de cette invasion sur le contre-canal. Cette étude est soutenue par le gestionnaire du contre-canal, la Compagnie Nationale du Rhône et par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Ce sujet a déjà fait l'objet de deux stages en 2024 et 2025, qui ont démarré cette étude. Le stage de 2026 vient clôturer cette étude de trois ans.

Ce rapport vise ainsi à répondre à la problématique suivante : **Dans quelle mesure la compréhension des facteurs de prolifération de *Pistia stratiotes* et de ses impacts écologiques permet-elle d'anticiper son évolution et d'orienter sa gestion sur le contre-canal du Rhône ?**

Après avoir présenté le contexte et les protocoles suivis, ce rapport exposera les résultats obtenus à propos de la physico-chimie, le suivi floristique, l'étude de la reproduction et la modélisation. Ces résultats seront ensuite discutés à travers quatre axes : le rôle des facteurs abiotiques dans la dynamique d'invasion, les interactions biotiques et leurs conséquences sur la biodiversité, la place de la reproduction dans l'expansion de la laitue d'eau et enfin les recommandations de gestion qui en découlent pour la CNR.

I- Contexte

1- *Pistia stratiotes*, une plante aquatique envahissante aux multiples impacts

a) Une description morphologique, écologie et une répartition mondiale de la laitue d'eau

Pistia stratiotes, aussi appelée Laitue d'eau est un macrophyte libre flottant. Elle appartient à la grande famille de monocotylédone des Araceae. *Pistia stratiotes* est un genre à part dans cette famille car son habitat est aquatique, son inflorescence est réduite et elle n'a pas de tige. (Velard, 1998) Elle forme une rosette de feuilles obovales, nervurées et spatulées en éventail couvertes de poils courts. Les feuilles sont hydrophobes et peuvent atteindre jusqu'à 15 cm formant une plantule pouvant aller de 5 à 30 cm de diamètre. (Drissi El Bouzaidi, 2021) Sous la surface, un système racinaire dense et filiforme, pouvant atteindre 50 cm de longueur, assure à la fois la flottabilité et l'absorption des nutriments. (Velard, 1998)



Figure 1: Rosette de *Pistia stratiotes* observée sur le contre-canal

La laitue d'eau est originaire des régions pantropicales et subtropicales à travers le monde. (Pieterse, 1981) Elle est considérée comme invasive en Afrique subsaharienne (les lacs Victoria) (Hesse, 1957), en Asie du Sud-Est, en Australie, en Amérique centrale et aux États-Unis (Floride, Louisiane). (Allen&Dray, 1989) Sa première apparition en Europe date de 1973 dans la ville de La Haye, aux Pays-Bas (Pieterse, 1981). En France, ses premiers signalements remontent à la fin des années 90 dans les Landes et dans le Marais Poitevin. (Velard, 1998) Aujourd'hui, la base d'information du GBIF, réseau mondial d'information sur la biodiversité, recense 144 observations de l'espèce à travers la France métropolitaine. (GBIF, 2026) Malgré de nombreux signalements dans l'hexagone, sa présence n'est que ponctuelle sauf dans le Gard, où depuis 2016, on considère sa population comme établie puisqu'elle résiste aux hivers. (CNR, 2018) Elle est inscrite depuis 2014 sur la liste des Plantes Exotiques Envahissantes (PEE) de l'European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO, 2014), puis classée comme espèce préoccupante pour l'Union Européenne. Sa vente, sa détention et son introduction dans le milieu naturel sont interdites depuis 2022 (Règlement d'exécution (UE) 2016/1141, 2016). L'origine de son introduction reste inconnue bien qu'il soit probable que cela soit lié à des rejets d'aquariums ou de bassins. (Dutartre, 2025)

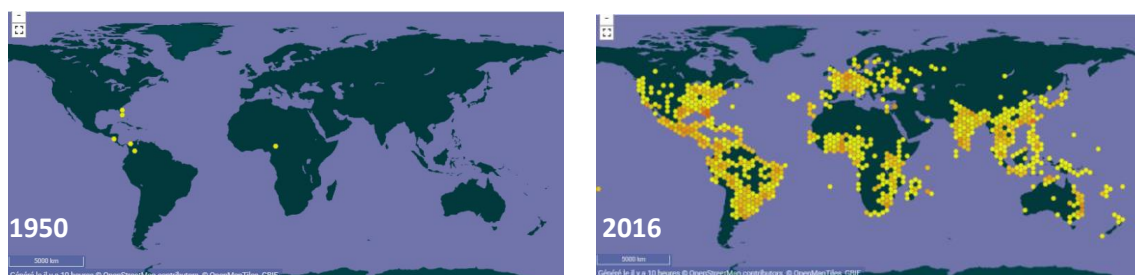


Figure 2: Carte de l'expansion mondiale de la laitue d'eau entre 1950 et 2016 (GBIF, 2026)

La reproduction de *Pistia stratiotes* se fait majoritairement de manière asexuée grâce à des stolons. En se reproduisant végétativement, elle forme des petites colonies où les rosettes filles sont rattachées à la rosette mère. La laitue d'eau peut aussi se reproduire de manière sexuée puisqu'elle forme des petites fleurs blanches discrètes qui produisent des graines. La germination de ces graines n'est possible qu'à des températures supérieures à 20°C. (Pieterse, 1981)

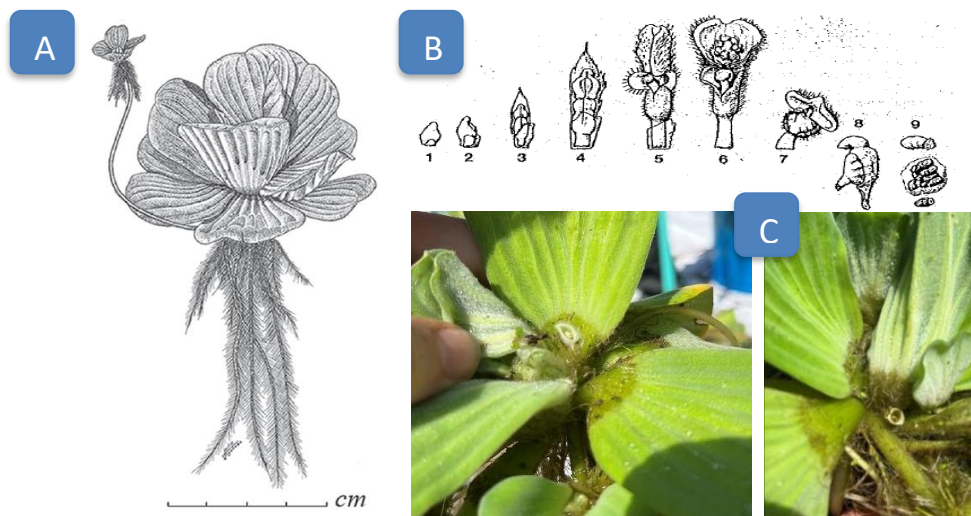


Figure 3: (A) Schéma de *Pistia stratiotes* (Evans, 2013), (B) Stades de développement de la fructification (Buzgo, 1994), (C) Photo de fleurs de *Pistia stratiotes*

Cette espèce se développe en eau douce stagnante ou à faible débit, dans des milieux aux conditions thermiques et chimiques favorables à son installation. Elle privilégie des températures supérieures à 15°C, avec un optimum de croissance situé entre 22 et 30°C (Pieterse, 1981), tout en conservant une croissance ralentie en dessous de 10°C (Hussner et al., 2014). Son caractère gélif la rend sensible aux températures proches de 0°C puisqu'elle meurt si elle reste prise dans la glace (MacIsaac et al., 2016). Elle peut néanmoins survivre à un épisode de gel dès lors que ses feuilles restent en contact avec une eau dont la température dépasse 10°C (Hussner et al., 2014).

b) Perturbation des écosystèmes aquatiques et réduction de la biodiversité par *Pistia stratiotes*

Pistia stratiotes est une plante flottante qui se reproduit en formant des petites colonies. Lorsqu'elle envahit un milieu, elle forme un tapis flottant dense à la surface de l'eau qui bloque la pénétration de la lumière. Cette réduction entraîne plusieurs mécanismes qui réduisent notamment l'oxygène dissous dans l'eau :

- La limitation de la photosynthèse des macrophytes immergés sous le tapis qui réduit la production primaire et augmente la turbidité de l'eau (Neuenschwander et al., 2009),
- L'altération physico-chimique du milieu liée au blocage de la diffusion de l'oxygène atmosphérique par le tapis végétal,
- La limitation du brassage de l'eau peut induire une stratification thermique qui accélère la réduction de l'oxygène dissous (MacIsaac et al., 2016).

Ces conditions, pouvant aller jusqu'à l'anaérobiose, sont préjudiciables à la macrofaune et la microfaune aquatiques. Elles peuvent augmenter la mortalité des poissons et des macroinvertébrés (Clayton & Champion, 2006). La *Pistia stratiotes* agit également sur l'accélération de la sédimentation des matières organiques, l'eutrophisation du milieu et l'augmentation de l'évapotranspiration de la zone colonisée. En effet, l'eau ombragée présente des niveaux accrus de nitrate, d'ammonium et de phosphore, ces niveaux

conduisent à la dégradation de la qualité de l'eau et du milieu et impactent la faune. (Neuenschwander et al., 2009)

Concernant la biodiversité végétale, si certains macrophytes comme l'iris des marais ou la jussie cohabitent avec la laitue d'eau grâce à leurs parties aériennes, d'autres espèces pourraient voir leur habitat menacé en cas de colonisation totale du milieu. En effet, le blocage de la lumière empêche les macrophytes immergés de se développer puisque la photosynthèse de ces derniers est bloquée. Plus généralement, la prolifération dense et monospécifique de toute plante aquatique peut avoir des répercussions sur les communautés végétales indigènes ainsi que sur les autres organismes aquatiques. (MacIsaac et al., 2016) Ce phénomène n'est en effet pas propre à *Pistia stratiotes*, tous les macrophytes flottants peuvent impacter durablement la dynamique trophique du milieu. D'autres espèces exotiques envahissantes engendrent les mêmes problématiques comme la jacinthe d'eau ou la fougère aquatique. Ces dernières limitent aussi la pénétration de la lumière ce qui conduit au même bouleversement des écosystèmes aquatiques lorsqu'elles les colonisent.

Dans une étude, **HUSSNER (2014)** démontre que la végétation submergée a diminué sous des tapis denses de laitue d'eau le long de la rivière allemande de l'Erft (Hussner et al., 2014). La conclusion est la même sur différents continents comme en Afrique du Sud et en Amérique du Sud. A travers le monde, les études scientifiques concluent souvent que la laitue d'eau est une menace pour la flore et la faune indigènes (EPPO, 2014).

c) L'impact économique de *Pistia stratiotes* et le rôle de la Fédération de Pêche du Gard

Au-delà de son impact écologique, *Pistia stratiotes* a aussi un impact négatif sur les aménagements anthropiques liés à des cours d'eau. Par exemple, en Floride, elle entrave des eaux d'irrigation et de drainage et interfère avec les aménagements hydroélectriques. Les tapis denses impactent l'écoulement de l'eau pouvant même réduire la production d'énergie hydroélectrique (Dray & Center, 2002). Ce sont des menaces que l'on peut retrouver dans notre zone d'étude puisque des ouvrages électriques se trouvent à proximité du contre-canal, le seuil de Comps et le barrage de Vallabrègues. Les coûts économiques associés à la gestion d'espèces exotiques envahissantes peuvent également être considérables. Une enquête nationale a estimé le coût de la jussie et de l'élodée à près de 8 millions d'euros par an dans l'hexagone (Comité français de l'UICN, 2015). À titre de comparaison, en Angleterre, le coût annuel d'une seule espèce, *Hydrocotyle ranunculoides*, a été estimé à 33 millions d'euros (Newman & Dawson, 1999). En Floride, les dépenses annuelles liées à la lutte contre la laitue d'eau sur 4 000 ha de cours d'eau publics dépassent les 2 millions de dollars (Center, 1994).

D'un point de vue commerciale, la laitue d'eau était également une plante vendue dans les jardineries pour son aspect esthétique dans les aquariums. Cependant, elle est inscrite depuis 2014 sur la liste des plantes exotiques envahissantes de l'EPPO, et sa vente est interdite en Europe depuis 2022. (EPPO, 2014)

Enfin pour les activités de loisir, le tapis végétal formé par *Pistia stratiotes* interfère avec les activités nautiques en rendant difficiles la navigation, la baignade ou encore la pêche de loisir. Cela engendre donc une perte financière indirecte pour les structures locales qui dépendent du tourisme et une diminution de la valeur esthétique des sites colonisés par la laitue d'eau. (Drissi El Bouzaidi, 2021)

C'est dans ce contexte que la Fédération de pêche du Gard porte cette étude qui répond à l'inquiétude des pêcheurs sur l'impact de la laitue d'eau sur les zones de pêche et qui permet de conseiller la Compagnie Nationale du Rhône dans leur gestion.

2. Le contre-canal du Rhône : un milieu anthropisé propice à l'invasion de la Laitue d'eau

a) Caractéristiques du contre-canal du Rhône, rive droite

L'étude porte sur la partie aval du contre-canal de la rive droite du Rhône, un ouvrage aménagé en 1970 par la CNR. Ce canal prend sa source à Villeneuve-lès-Avignon et se jette dans le Gardon, sur la commune de Comps. D'une largeur moyenne de 10 mètres et d'une profondeur moyenne de 1,5 mètre, il joue un rôle clé dans la stabilisation des digues du Rhône. En effet, il permet de drainer l'eau qui percole à travers les endiguements avec un point de résurgence situé sous la ligne d'eau du fleuve. De plus, il assure l'évacuation des eaux des terres agricoles environnantes, contribuant ainsi à l'équilibre piézométrique des nappes. (CNR, 2018)

Le contre-canal est peu pentu et a un débit faible, ce qui favorise l'implantation d'espèces végétales exotiques envahissantes, comme la Jussie à grandes fleurs (*Ludwigia grandiflora*), le myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*) et la laitue d'eau. De plus, les eaux souterraines du Rhône alimentent le contre-canal en continu même l'hiver, ce qui permet de conserver une thermie plutôt élevée, qui favorise donc l'implantation de ces PEE.

La zone étudiée par la Fédération de pêche du Gard s'étend sur sept kilomètres, divisée en quatre tronçons, T1 en amont et T4 en aval. Ce secteur a été choisi pour sa forte densité de plantes envahissantes et sa localisation à l'intersection avec le Gardon. En effet, T4, le dernier tronçon, se jette directement dans le Gardon et peut en cas de rafale de vent ou de période de crue jouer un rôle clé dans l'invasion de *Pistia stratiotes* au sein du département du Gard.

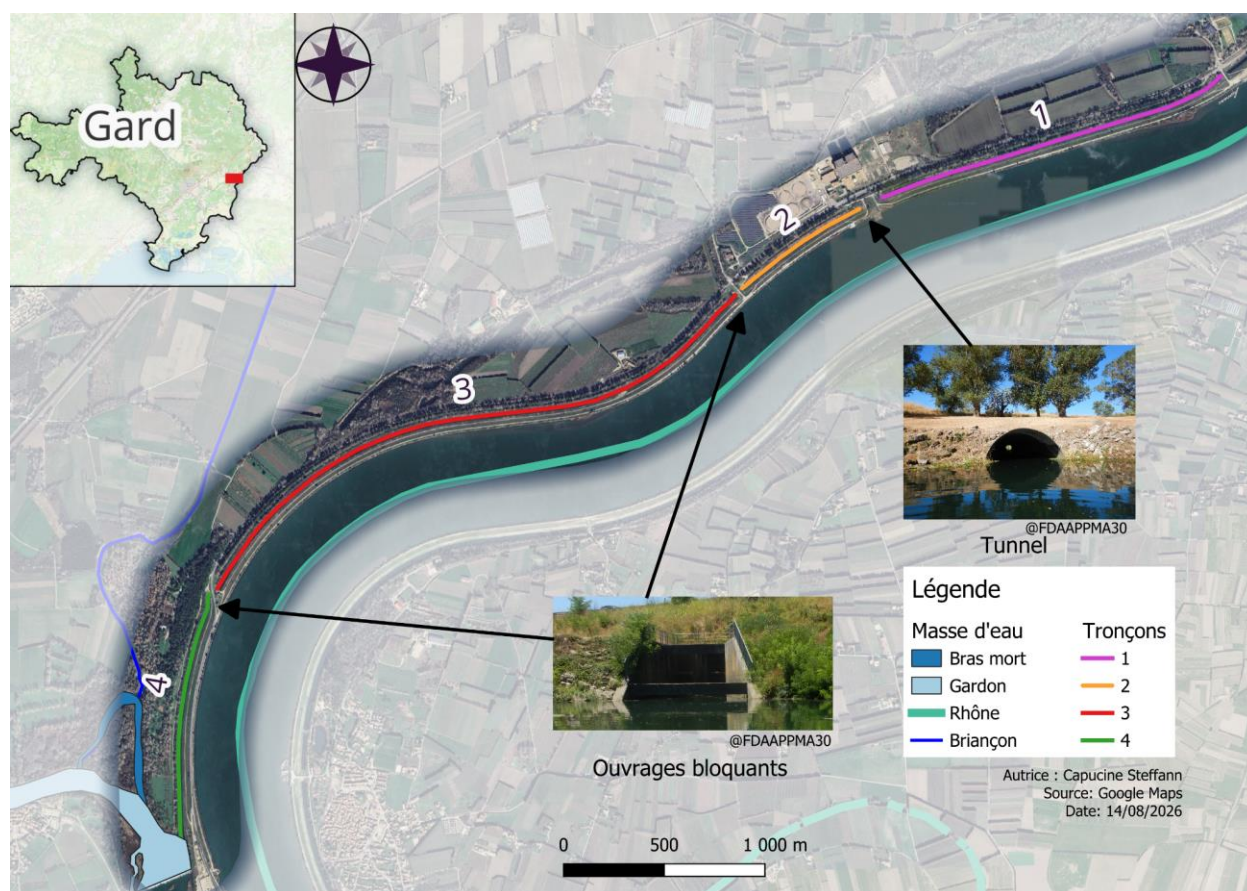


Figure 4: Présentation de la zone d'étude

b) Une étude sur trois ans pour comprendre les dynamiques interannuelles

Sur le contre-canal gardois, la population de *Pistia stratiotes* est dite établie depuis 2016 (Dutartre, 2025). Cependant, d'après certains pêcheurs, elle est apparue de manière ponctuelle depuis 2005. Sa colonisation aussi importante s'explique par une hausse des températures. Malgré les opérations d'extraction annuelles par le CNR, elle couvre en 2016 2 km du linéaire. (CNR, 2018) Le processus de colonisation du milieu devient un phénomène annuel dont le mécanisme est encore mal connu et sa gestion est peu efficace.

Dans ce contexte, le FDAAPPMA du Gard a décidé de réaliser une étude sur 3 ans avec le soutien de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse et de la CNR. Ce dernier stage vient clôturer cette étude, où deux stagiaires m'ont précédée sur le sujet.

Ces trois années d'études ont été impactées par différents événements climatiques. L'année 2024 a été marquée par deux crues au mois de mars à la suite de nombreux orages. Son printemps est classé comme le 4^{ème} plus pluvieux jamais enregistré, s'accompagnant d'un déficit de soleil de 20%. (Météo-France, 2025) En totale opposition, 2025 a été la 3^{ème} année la plus chaude enregistrée après 2022 et 2003 avec une anomalie nationale de +1,9 °C. Elle a été marquée par deux grandes vagues de chaleur anormalement longues fin juin et la moitié du mois d'août. Cette chaleur a été accompagnée d'une sécheresse avec un déficit hydrique de -50% dans les régions du Sud. (Météo-France, 2026) La fin de l'année 2025 a été marquée par de nombreux orages qui ont perduré en 2026 avec un phénomène pluvieux exceptionnel avec 32 jours de pluies consécutives. Tous ces orages ont participé à la vigilance orange crues et inondations décrétées en février 2026. (Infoclimat, 2026) Le mois de juillet 2026 a ensuite battu tous les records : avec une température moyenne nationale de 24,9 °C, il s'agit du mois le plus chaud jamais enregistré en France depuis 1900, avec une anomalie de +3,8 °C par rapport aux normales. Ce mois a également été l'un des plus secs de l'histoire, avec un déficit pluviométrique proche de 70% à l'échelle nationale. Le Gard n'a pas été épargné, enregistrant son mois de juillet le plus chaud depuis 1947. Cette chaleur s'est accompagnée d'une vague de chaleur exceptionnelle de 16 jours consécutifs, du 4 au 19 juillet, la troisième plus longue jamais enregistrée en France, avant qu'une nouvelle canicule ne fasse grimper les températures au-dessus de 40°C au mois d'août. (Météo-France, 2026) (Annexe XI)

Tous ces événements climatiques ont eu un impact sur la croissance et la dispersion de la laitue d'eau sur le contre canal. Malgré une année pluvieuse, 2024 a été une année particulièrement prolifique pour *Pistia stratiotes*. Au contraire, malgré les fortes chaleurs, 2025 a été beaucoup moins prolifique en termes de surfaces colonisées. Ces différences peuvent être dues aux conditions météorologiques, aux caractéristiques du milieu ou encore à la gestion de la CNR.



Figure 5: Évolution des surfaces colonisées sur T2 entre 2024 et 2026

c) Les enjeux de gestion pour la Compagnie Nationale du Rhône

La gestion du contre-canal est assurée par la CNR tandis que la Fédération de pêche et l'AAPPMA d'Aramon, La Gaule Aramonaïse, encadrent l'activité de pêche de loisir. Aucune autre activité nautique n'est autorisée sur le contre-canal rive droite. Pour la CNR, la prolifération de *Pistia stratiotes* obstrue les ouvrages, réduit leur efficacité et menace la sécurité hydraulique de l'ensemble du système. Des interventions d'arrachages ont lieu depuis 2013 afin de garantir le bon fonctionnement hydraulique du contre-canal, tout en limitant la dispersion de l'espèce en aval. Différentes techniques ont été utilisées comme des méthodes mécaniques avec une pelle mécanique, un bateau faucardeuse, et des filets, ainsi que des protocoles d'arrachages manuelles hebdomadaires. Ces extractions ont atteint 450 m³ en 2018, et ont permis un dégagement partiel. Cependant, le coût total s'élève à 261 446 € sur 6 ans et leurs faibles efficacités soulignent la nécessité de solutions durables. (CNR, 2018)

Après 2019, les arrachages et les volumes sorties ont nettement augmenté jusqu'à atteindre 3 510 et 4 010 m³ en 2023 et 2024. Le cumul des dépenses de 2019 à 2024 s'élève à 405 000 € soit un montant total sur la décennie d'environ 777 000 €. Pour expliciter ces dépenses de 2024, dont le total est de 101 000€, la CNR décompose la somme de manière suivante :

- 8 000 € pour l'évacuation en décharge contrôlée des laitues de la récolte 2023 et la remise en état de la plateforme de stockage,
- 24 000 € pour les travaux de récoltes manuelles hebdomadaires de juin à septembre,
- 69 000 € pour les travaux d'extraction des plantes utilisant pelle et barque.

Il a été convenu entre la Fédération de pêche du Gard et la CNR que durant la période et sur la zone d'étude, aucune intervention n'aurait lieu. (Dutartre, 2025)

De plus, la CNR s'est associée en 2018 au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) de Montpellier pour valoriser la laitue présente sur le contre-canal. Ces recherches ont pour objectif de tester les capacités de biosorption de plusieurs plantes invasives toutes présentes dans le sud de la France comme la jussie, la jacinthe d'eau et même des plantes indigènes comme la menthe d'eau. Ces processus peuvent se produire dans diverses matières végétales, comme des racines de plantes ou des déchets riches en tanins tels que les marcs de café ou de thé vert. Ces matrices peuvent alors décontaminer des eaux en réduisant ou éliminant des toxiques tels que métaux ou herbicides. Des tests ont fait l'objet de publications par le laboratoire ChimEco montrant, par exemple, une certaine efficacité de la jussie et de la laitue d'eau dans la décontamination de l'arsenic dans des eaux polluées. (CNR, 2016) Cependant, le projet n'étant qu'à l'état de recherche, aujourd'hui peu de végétaux sont revalorisés. Les végétaux sont mis à terre sur du géotextile sur des plateformes de stockage temporaires pour obtenir un ressuyage efficace. Ils sont ensuite mis en déchetterie. Ils ne sont pas valorisés et sont enfouis, par manque de connaissances et d'expérimentations de méthodes de traitement, et les filières de compostage existantes ne sont également pas agréées pour ces PEE. (CNR, 2018)

II- Matériels et Méthodes

1. Utilisation de sondes multi-paramètres et prélèvements d'eau pour évaluer le lien entre les paramètres physico-chimiques et *Pistia stratiotes*

La première étape du projet était d'étudier les paramètres physico-chimiques pour identifier l'impact de *Pistia stratiotes* sur la qualité de l'eau et réciproquement l'impact du milieu sur *Pistia stratiotes*. La première année, des relevés ont été réalisés toutes les semaines à l'aide de sondes mobiles (Hanna Instrument) afin de mesurer le pH, la conductivité, la température, l'oxygène dissous et la saturation en oxygène. Les mesures ont été effectuées sous *Pistia stratiotes* et hors de *Pistia stratiotes* et

à différentes profondeurs (0,5m, 1m et 1,5 m) afin de comparer les différences. Lors de l'analyse des données, il n'y avait pas de différences significatives pour le pH, la conductivité et la saturation en oxygène. (Annexe I)

La suite de l'étude s'est donc concentrée sur l'évolution de l'oxygène dissous et de la température. En 2025 et en 2026, deux sondes ont été installées pour mesurer l'oxygène dissous et la température sous et en dehors du tapis de *Pistia stratiotes*. Le modèle U26-001 de la marque HOB0® a été utilisé. Les deux sondes ont été installées sur le tronçon 2 et mesurent la température et l'oxygène dissous toutes les heures. Elles ont été installées à 1m de profondeur grâce à une corde reliée à une bouée et lestée par un parpaing.

En parallèle, quatre sondes mesurant la luminosité ont été installées afin d'enregistrer la pénétration de la lumière dans l'eau, ainsi que la température. Le modèle UA-002-64 de la marque HOB0® a été utilisé. Deux sondes ont été installées sur les tronçons 2 et 3 à l'image des années précédentes. Sur chaque tronçon, une sonde est située dans une zone sujette à l'accumulation de *Pistia stratiotes* et la seconde sert de témoin en amont des fronts de colonisation.

Toutes les sondes installées en 2026 ont mesuré en continu les paramètres du 17 mars au 12 août. Pour les sondes et surtout les sondes luminosités, un entretien a dû être mis en place toutes les deux semaines pour assurer de bonnes mesures.



Figure 6: (A) Boué témoin en chenal en T2, (B) Boué entourée de macrophytes dérivants, (C) Schéma de la mise en place des sondes

Afin d'étudier la qualité de l'eau, des prélèvements ont été réalisés chaque année sur le tronçon 2 aux abords de l'ouvrage bloquant. Le premier a été effectué en mars, avant l'apparition de *Pistia stratiotes*, puis de nouveau en juillet, lorsque le point de prélèvement était recouvert par le macrophyte. Pour chaque prélèvement, la bouteille d'échantillonnage était rincée trois fois avec l'eau du milieu, avant d'être remplie à 50 cm de profondeur. Les échantillons sont conservés dans une glacière lors du transport. Les analyses ont été réalisées par spectrophotométrie grâce à l'appareil UVILINE 9600, avec le kit Orchidis by Aqualabo® adaptés à chaque nutriment. Les paramètres analysés ont été choisis conformément au guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales. (DEB, 2023) Les nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), phosphates ortho phosphates (PO_4^{3-}) et phosphates totaux ont été analysés.

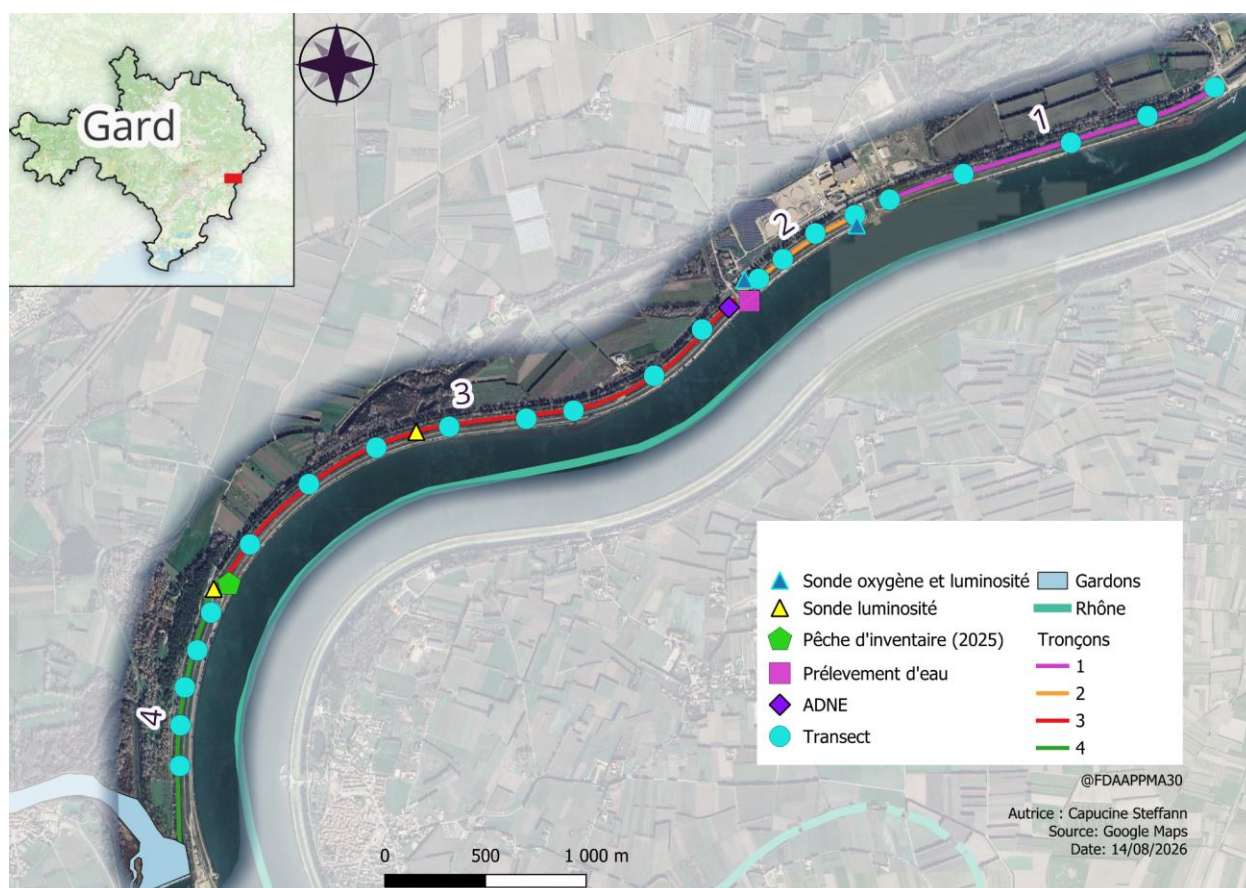


Figure 7: Localisation des dispositifs de suivi (sondes, transects, prélèvements d'eau, ADNe)

2. Réalisation d'un suivi floristique dans le contre-canal

a) Quantification de l'expansion spatiale de *Pistia stratiotes* et *Ludwigia grandiflora* par une cartographie

Pour suivre l'évolution de la colonisation de la laitue d'eau à travers les mois, des relevés cartographiques ont été réalisés tous les mois durant les 3 ans de l'étude. Le front de colonisation, soit la zone d'accumulation de la *Pistia stratiotes* aux abords des ouvrages, et chaque colonie de *P. stratiotes* ont été cartographiés à l'aide du logiciel Qfield 3.2.2. Ce logiciel est une application fonctionnant comme une extension pour téléphone de QGIS, et permet de visualiser la cartographie directement sur le terrain via son smartphone. Les prospections de terrain ont été effectuées en canoë sur la partie en eau libre. Une fois la cartographie réalisée, la surface colonisée par *P. stratiotes* a pu être calculée sur QGIS directement. Cela permet d'obtenir les surfaces colonisées au fil des mois et d'analyser son évolution sur R afin de procéder aux analyses statistiques.

b) Étude des interactions entre *Pistia stratiotes* et des autres macrophytes via la réalisation de quadrats tout le long du contre-canal

Afin de caractériser les interactions entre la laitue d'eau et les autres plantes aquatiques, des relevés floristiques ont été réalisés tous les mois durant les 3 années d'étude. Pour se faire, 22 transects ont été uniformément répartis sur les différents tronçons. Cela représente cinq transects pour le tronçon 1, quatre pour le tronçon 2, huit pour le tronçon 3 et cinq pour le tronçon 4. Chaque transect comprend trois quadrats de 4 m², un de chaque côté de la berge et un en chenal. Cette méthode s'inspire de l'étude

de **PELELLA ET AL.** (Pelella et al., 2023) où les chercheurs ont analysé la diversité floristique en fonction du recouvrement de primevères d'eau (*Ludwigia hexapetala*).

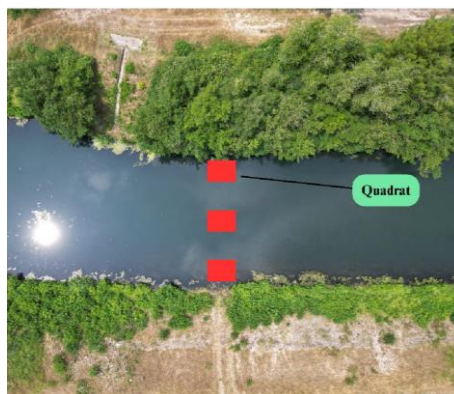


Figure 8: Répartition de quadrats sur le contre-canal

Dans chaque quadrat, le taux de recouvrement est noté en utilisant l'échelle de Braun-Blanquet en se basant sur les coefficients de **FOUCAULT (1980)** (Meddour) (Annexe II) Tous les étages ont été recensés. En effet, les plantes aquatiques flottantes, immergées et amphibies sont prises en compte dans les relevés. Toutes les espèces observées dans les quadrats sont recensées en annexe avec l'évolution de leurs présences et leurs absences sur les 3 ans d'étude et leurs caractères exotiques. (Annexe III) Ce protocole a été réalisé sur les mêmes quadrats durant 3 ans afin de voir l'évolution du recouvrement végétal au sein des différents tronçons du contre-canal. Cela permet également d'étudier la présence spontanée de *Pistia stratiotes* au sein de ces quadrats ainsi que de son interaction avec les autres espèces.

3. Exploration de la vie subaquatique pour évaluer l'impact de *Pistia stratiotes* sur la biodiversité

L'objectif de la Fédération de pêche est de comprendre quels sont les impacts sur l'activité de pêche de loisir sur le contre-canal, et donc de comprendre l'impact sur la vie subaquatique sont la faune, la flore et les sédiments. Pour ce faire, des plongées scientifiques ont été planifiées avec la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins. Deux plongées ont été réalisées : le 18 avril et le 20 juillet 2024. Les deux dates avaient pour objectif d'étudier le contre canal sur deux périodes différentes : une avant le développement excessif de la laitue d'eau et l'autre une fois que la laitue était bien installée. Ces plongées se sont déroulées sur les tronçons 2 et 3. Les plongeurs étaient équipés de caméras et ont filmé leur plongée. Lors des deux dates, les plongeurs ont réalisé le même parcours afin de pouvoir comparer les zones. Durant ces plongées, les palanquées étaient composées de deux personnes et ont descendu le contre canal de l'amont vers l'aval. Afin de parcourir toute la largeur du contre canal, les plongeurs ont réalisé des diagonales entre la rive droite et la rive gauche. (FDAAPPMA,2024)

En 2025, une pêche électrique par point a été réalisée le 13 juin 2025 afin d'évaluer la communauté piscicole. (FDAAPPMA,2025) Cette technique permet de réaliser des pêches scientifiques sans être invasive. En effet, un champ électrique est créé dans le cours d'eau puis par un processus de réactions neuro-musculaires particulières, les poissons sont attirés et tétanisés. Les individus peuvent ensuite être extraits de l'eau à l'aide d'épuisettes, ils retrouvent alors leur mobilité. Ils sont stabulés dans des bacs, étudiés aussi rapidement que possible, puis relâchés vivants. Le protocole suivi est celui décrit dans le « Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité » (Onema, 2012).

Un Indice Poisson Rivière (IPR) a pu être calculé pendant cette pêche électrique. L'IPR indique l'état biologique d'un cours d'eau en comparant le peuplement observé avec un peuplement théorique attendu sur la base des caractéristiques environnementales de la station. Pour cela, il s'appuie sur

plusieurs métriques relatives à la richesse spécifique, ou encore au régime alimentaire des différentes espèces, ainsi qu'à la densité d'individus en fonction du substrat préférentiel. Ces différentes métriques sont ensuite agrégées via le logiciel SI PECHE afin de donner une note, plus elle sera élevée, plus la qualité du cours d'eau sera considérée comme mauvaise.

Enfin, il est nécessaire de rappeler que le contre-canal est un cours d'eau entièrement artificiel, présentant très peu de diversité d'habitat et subissant des contraintes très différentes d'un cours d'eau naturel. De même, la forte gestion sur ce type de cours d'eau ainsi que la digue sont peu comparables aux rivières locales.

En 2025, une étude sur les macro-invertébrés a également eu lieu. Deux campagnes de prélèvements ont été mises en place, tout d'abord le 30 mai, puis le 29 juin. Les relevés des macrofaunes ont été réalisés sur une surface de 1/20 ème m² sous deux zones de macrophytes différentes. Tout d'abord sous la laitue d'eau puis dans un mélange de PEE comme la jussie (*Ludwigia grandiflora*), l'élodée du Canada (*Elodea canadensis*) et la Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*). (FDAAPPMA, 2025)

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet Surber positionné à contre-courant, permettant de passer l'intégralité des macrophytes présentes sur la surface ciblée. Les échantillons recueillis ont ensuite été tamisés et triés minutieusement sous loupe. Les individus ont été identifiés au niveau taxonomique, en s'appuyant principalement sur le guide « Invertébrés d'eau douce » (24) et la base de données en ligne PERLA (DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, 2025).

Pour conclure, l'étude sur la faune présente dans le contre-canal, le 30 juin 2026, une étude d'ADN environnemental a eu lieu sur le contre canal. Ce prélèvement a été fait selon le protocole terrain fourni par SPYGEN. (SPYGEN, 2026) L'échantillonnage d'ADN environnemental repose sur la filtration directe d'un volume d'eau sur le terrain, à l'aide d'une capsule de filtration à membrane. La filtration est réalisée à l'aide d'une pompe motorisée. Selon le protocole, l'opérateur se positionne à l'aval du point de prélèvement et remonte progressivement le cours d'eau afin de limiter les risques de contamination croisée entre points. Cependant dans la réalité du terrain, sur le contre-canal, le prélèvement s'est fait à un unique point en aval de T3 dans le sens du courant. Une fois la filtration terminée, les filtres sont conditionnés dans une solution de conservation, à l'abri de la lumière, avant d'être envoyés au laboratoire pour l'extraction et l'analyse génétique. Les analyses sont ensuite réalisées par le laboratoire SPYGEN.

4. Étude des mécanismes de reproduction et d'invasion de *Pistia stratiotes*

a) Suivi de reproduction par la germination de graine récoltée sur le contre-canal et la quantification du rôle des stolons

L'invasion de *Pistia stratiotes* a été étudiée dans différents pays européens et en s'attardant particulièrement au processus de reproduction sexuée et asexuée pour comprendre son invasion.

Concernant sa reproduction sexuée, des fleurs sont régulièrement observées en Europe ainsi que la production de graines. (Hussner et al., 2014) En France aucune étude n'a testé la viabilité des graines et donc leur germination. Sur le contre-canal, l'apparition de fleurs et la présence de graines ont été observées en 2025. (FDAAPPMA, 2025) Étudier le caractère de la reproduction permet d'évaluer leur capacité à produire des plantules, à germer et à comprendre comment les paramètres abiotiques influencent leurs développements. D'après **PIETERS (1981)**, les graines ne germent pas lorsqu'elles sont à des trop grandes profondeurs ou alors conservées trop longtemps dans de l'eau. Une étude slovène émet l'hypothèse que seules les graines en bord de berge ou conservées dans le mucilage de *Pistia stratiotes* pendant l'hiver germeraient. (Šajna et al., 2007)

En octobre 2025, des graines de *Pistia stratiotes* ont été récoltées sur des plantules provenant du contre-canal, puis conservées dans de l'eau à 5°C ou au sec à température ambiante. Les graines ont soit été conservées dans leurs fruits d'origine soit sans les membranes des fruits qui les entourent. Les graines, préalablement rincées à l'eau distillée, afin d'éliminer d'éventuels inhibiteurs, sont disposées sur une compresse humidifiée placée au fond de boîtes de Pétri. Dans chaque boîte, on dispose 25 graines espacées. Les boîtes de Pétri sont mises sous serre et exposées 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité grâce à une lampe LED ayant une capacité de 2411,1 lux. Une sonde est ajoutée afin de suivre l'évolution de la température toutes les 15 minutes. Le suivi s'étend sur 30 jours afin d'estimer le taux de germination. Un comptage quotidien du nombre de graines germées selon leurs stades est réalisé pour chaque boîte pour estimer la vélocité de germination.

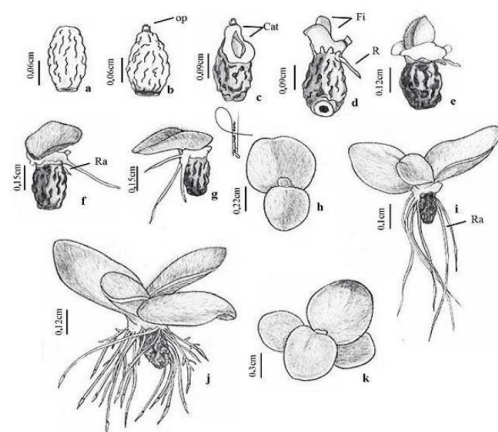


Figure 2. Post-seedling development of *Pistia stratiotes*. a. Seed; b. Turgid seed; c. Emergence of the cataphyll (Cat); d. First true leaf (Fi) and the emergence of the radicle (Ri); e. First leaf begins to open; f. First leaf opens completely, showing trichomes and adventitious roots (Ra); g. Presence of the 3rd root; death of the radicle; h. Appearance of the second true leaf; i. Appearance of the third true leaf; j. Roots now numerous; k. End of seedling phase.

Figure 9: Stades de développement pré-germinatif de *Pistia stratiotes* (Barbosa, 2019)

En parallèle du suivi de la germination, une étude pour quantifier la reproduction asexuée de *Pistia stratiotes* via les stolons a été mise en place. Pour cela, on prélève, tous les mois, un quadrat de 1 m² au niveau du front de colonisation de T2. Tous les plants de *Pistia stratiotes* prélevés sont triés par le nombre de stolon émanant de leurs rosettes. On profite de ce prélèvement pour dénombrer le nombre de fleurs et de fruits présents. Ce protocole permettra d'intégrer la proportion de la reproduction végétative dans les dynamiques de population.

b) Protocole de mesure de la biomasse et modélisation de la dynamique de population de *Pistia stratiotes*

Pour mieux comprendre les mécanismes d'expansion, une mesure de biomasse mensuelle a été ajoutée lors de l'étude de cette année. Ce protocole vient en complément des relevés de surface de *Pistia stratiotes* mis en place depuis trois ans. En s'inspirant d'une étude de dynamique de population slovène, la biomasse d'un mètre carré de *Pistia stratiotes* a été prélevée grâce à un quadrat. (Šajna et al., 2007) Toutes les plantules de *Pistia stratiotes*, ont été récupérées et nettoyées à la main, puis sorties de l'eau afin d'être séchées au soleil. Une fois essoré de leurs eaux racinaires, toutes les plantules sont alors pesées à l'aide d'un peson et comptées. Lors de ce prélèvement, on compte également le nombre de stolon partant de la rosette mère. Ce protocole permet d'estimer la croissance de la laitue d'eau et quantifier la reproduction végétative.



Figure 10: Quadrat (1m²) avant et après prélèvement

d) Mesure de l'invasion de *Pistia stratiotes* et surveillance des zones aux alentours du contre-canal

Une population de laitue d'eau est bien établie sur la zone d'étude du projet. La *Pistia stratiotes* étant une espèce opportuniste et sa propagation étant rapide comme sur les rivières thermales avec une température élevée (Hussner et al., 2014, Šajna et al., 2007), une veille de surveillance a été mise en place. En effet, le dernier tronçon de notre secteur se jette dans le Gardon, une rivière importante du département du Gard. La propagation de cette espèce exotique est possible à cette confluence. À la suite d'évènements de crues ou de fortes rafales de vent, des plants de *Pistia stratiotes* remontent le Gardon et s'installent progressivement. Des observations de laitue d'eau en aval du contre-canal, ont déjà été recensées (FDAAPPMA, 2025). Une veille est mise en place grâce à des prises de vues aériennes de drone réalisées tous les mois depuis 3 ans. La zone de veille se situe sur seuil du Gardon en amont de la jonction avec le contre-canal et en amont de la confluence avec le Rhône, et du bras mort du Briançon.

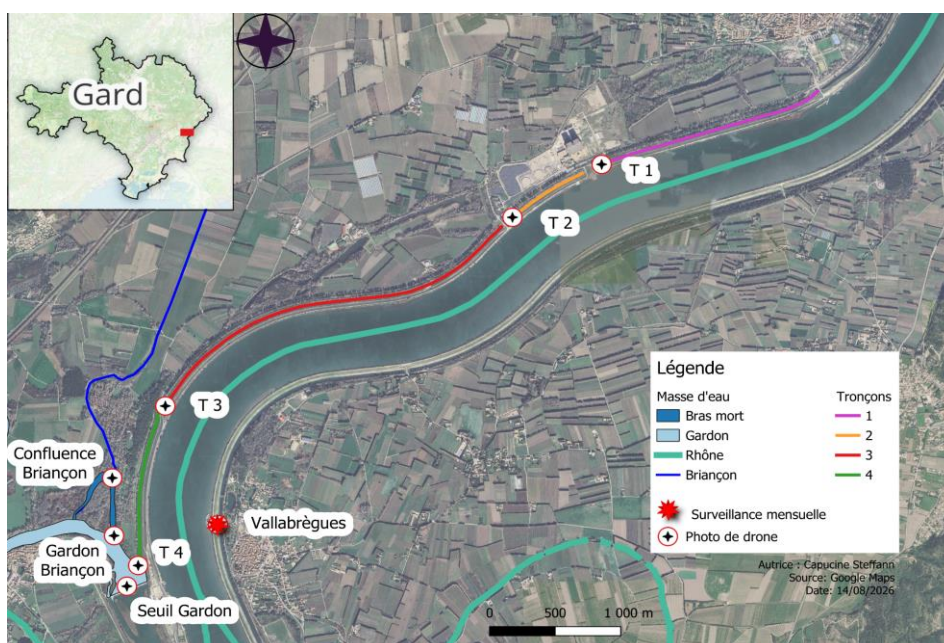


Figure 11: Carte des prises de vue en drone sur la zone d'étude et de la veille de surveillance

Ces sorties drones donnent également l'occasion de suivre l'évolution mensuelle des fronts de colonisation des tronçons de la zone d'étude.

Une veille est également mise en place sur la rive gauche du contre-canal du Rhône à Vallabrègues. En effet, cette zone est sujette aux mêmes caractéristiques que la zone d'étude et à l'invasion de PEE. En effet, en mai 2025, le contre canal rive gauche a été envahi d'azolle fausse fougère,

une plante inscrite la liste des espèces invasives dans l'arrêté du 13 juillet 2010 relatif aux règles de bonnes conditions agricoles et environnementales. (FDAAPPMA, 2025, BCAE, 2019)

5. Modélisation de l'expansion de *Pistia stratiotes* pour prédire les dynamiques futures

a) Identification des facteurs influençant la croissance démographique de la Laitue d'eau

Pour modéliser l'évolution d'un macrophyte exotique envahissant, plusieurs paramètres peuvent être pris en compte : la température, le vent, la luminosité, le mode de reproduction, les nutriments... Tous ces facteurs sont indispensables à la croissance de la plante mais ils n'ont pas tous besoin d'être inclus dans un modèle d'expansion. Pour simplifier et par manque de données certains paramètres ne seront pas inclus dans le modèle, comme les nutriments. En effet, lors de notre étude, il n'y a pas assez de données pour savoir si ce paramètre est limitant dans l'expansion de *Pistia stratiotes*. Il ne sera alors pas modélisé et considéré en "excès" pour une croissance infinie, idem pour la luminosité. Concernant l'impact du vent, la mesure mensuelle des surfaces ne permet pas de rendre compte de l'impact d'un événement météorologique de quelques jours. Ainsi, malgré l'impact du vent sur *Pistia stratiotes* et son déplacement sur la surface de l'eau, il est difficile d'inclure ce paramètre au modèle.

En revanche, d'autres paramètres sont apparus comme déterminant. C'est le cas de la température qui est un facteur déterminant pour la croissance de la laitue d'eau. (Šajna et al., 2007) En utilisant les données météorologiques de la station la plus proche, soit la commune de Pujaut à 18 km de notre zone d'étude, on obtient la température minimale et maximale durant les trois années de notre étude. Aux vues de l'importance de la température sur la croissance, le paramètre température va être inclus par la fonction triangulaire suivante :

$$f(T) = \begin{cases} 0 & \text{si } T < T_{min} \text{ ou } T > T_{max} \\ \frac{(T - T_{min})}{(T_{opt} - T_{min})} & \text{si } T_{min} \leq T \leq T_{opt} \\ \frac{(T_{max} - T)}{(T_{max} - T_{opt})} & \text{si } T_{opt} \leq T \leq T_{max} \end{cases}$$

Équation 1: Fonction triangulaire de la température

Toutes les valeurs biologiques telles que la température minimale ou optimum de croissance, ont été définies grâce à la bibliographie. (Velard, 1998)

b) Création d'un modèle simulant la croissance et l'expansion de *Pistia stratiotes*

Le modèle mécaniste est un modèle utilisant des représentations mathématiques pour expliquer le fonctionnement d'un système en décrivant les lois biologiques fondamentales qui le régissent plutôt que de se baser uniquement sur l'observation. Ce modèle utilise donc des paramètres fondés sur les observations de terrain et alimente une équation modélisant la croissance d'une population. La courbe de croissance d'une population est modélisée par une courbe logistique, qui se trace grâce à trois paramètres : S, la population initiale, K, la capacité maximum du milieu et r, la croissance de la population. Dans notre modélisation du contre-canal, il faut ajouter un coefficient de mortalité/arrachage afin de modéliser la réduction de population durant l'hiver. L'ajout de ce coefficient permet de cumuler deux phénomènes : la mortalité naturelle des macrophytes en hiver et l'impact de la gestion actuelle d'arrachage réalisé en hiver dont les dates et le taux d'arrachage sont inconnues.

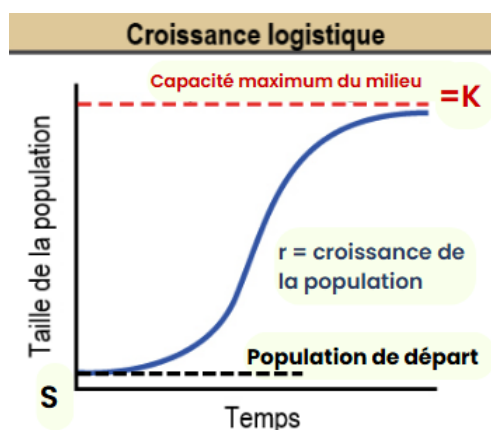


Figure 12: Exemple de courbe logistique

La zone d'étude n'est pas en système fermé, puisque de la *Pistia stratiotes* arrive continuellement en amont de T1. Pour ajouter cet afflux à notre modèle, il a fallu le quantifier. Pour ce faire, nous avons étendu un filet en surface, pour arrêter les laitues et pouvoir les compter. Ce protocole a été réalisé 4 fois pendant 15 min avec à chaque fois une heure d'écart. Cette mesure très ponctuelle permet d'obtenir une estimation de l'apport de *Pistia stratiotes* dans notre système.

Un protocole similaire a été réfléchi en aval de T4 pour quantifier la dispersion de laitue d'eau à la confluence avec le Gardons. Cependant, cette dispersion est sujette aux aléas climatiques et est trop saisonnière pour qu'on ait réussi à la quantifier.



Figure 13: Photo du protocole du filet

En résumé, le modèle doit intégrer plusieurs paramètres importants : la modélisation de la population, l'impact de la température, la mortalité et l'apport en amont de T1. L'équation doit également intégrer les différents scénarios de gestion comme l'arrachage. Dans notre exemple, l'équation finale de notre modélisation est :

$$dS/dt = r \times S \times (1 - S/K) \times f(T) - \text{Mortalité} + \text{Apports} - \text{Arrachage}$$

Équation 2: Fonction du modèle de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal

c) Prédiction de l'évolution d'invasion grâce aux données collectées entre 2024 et 2026

Les données collectées sur le terrain servent de socle à notre modélisation. Elles permettent de calculer tous les coefficients impliqués dans notre modélisation. Pour déterminer le taux de croissance r , et la capacité maximum du milieu K , leurs calibrations sont définies par multi-shooting, une technique

numérique qui estime les paramètres inconnus d'un modèle dynamique décrit par des équations différentielles. Elle découpe la trajectoire temporelle globale en plusieurs sous-intervalles indépendants pour y résoudre localement le modèle, avant de forcer la continuité de l'ensemble par optimisation. Pour la valeur S , qui représente l'état initial, elle est déterminée en prenant la moyenne du minimum et du maximum pour chaque tronçon.

L'estimation des périodicités de l'évolution de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal s'est faite grâce aux observations de terrain. En effet, la croissance est observée de mars à fin octobre, elle sera donc modélisée sur cette période. Le coefficient de mortalité/arrachage suit cette logique puisqu'il est calculé en considérant que la mortalité et/ou l'arrachage a lieu entre novembre et début mars. Pour le déterminer ce coefficient, on a fait la différence moyenne entre les données de surfaces ramenées au nombre de jours où la période décroît.

III. Résultats

1. Influence des paramètres physico-chimiques sur la croissance de *Pistia stratiotes*

a) Évolution de la température dans le contre-canal et corrélation avec la croissance de *Pistia stratiotes*

En analysant les données horaires brutes sans les valeurs aberrantes, on observe une différence significative entre les sondes sous et hors du tapis de la laitue d'eau. Le test de Wilcoxon, qui détermine si deux groupes non paramétriques dépendants diffèrent significativement l'un de l'autre, annonce une différence significative des données températures ($p\text{-value} = 0,001036$). En moyenne, la température sous *Pistia stratiotes* est de $19,4^{\circ}\text{C}$ alors qu'elle est de $19,2^{\circ}\text{C}$ en dehors de la laitue d'eau. La différence exacte entre les deux sondes est de $0,17^{\circ}\text{C}$. C'est un écart faible mais tout de même mesurable. Cependant, il est difficile de déterminer si cette différence a réellement un effet thermique majeur sur le milieu aquatique.

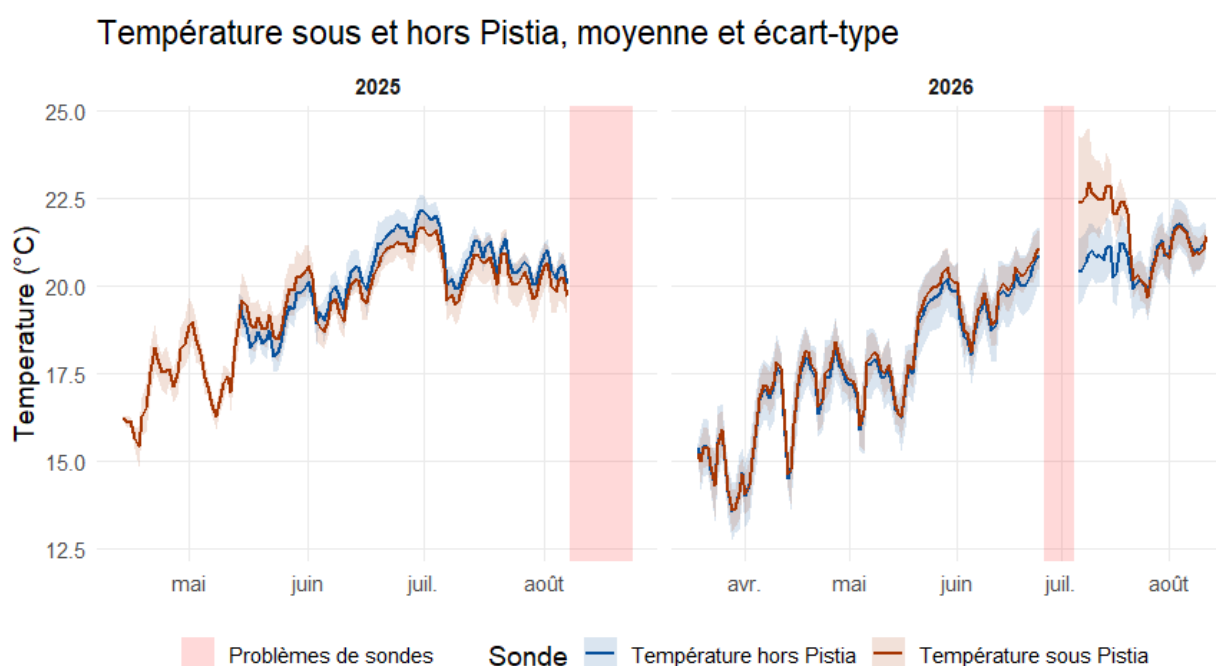


Figure 14: Température sous et hors *Pistia stratiotes*, moyenne et écart-type (2025-2026)

Sur le graphique, on constate que l'écart n'est pas constant dans le temps. En 2025 les deux courbes se confondent jusqu'en août, alors qu'en 2026 elles divergent nettement à partir de début juillet. Cet artéfact peut être dû à la perturbation des sondes qu'elle a subi lors de son déplacement fin juin. Ainsi, la moyenne globale de 0,17°C masque une hétérogénéité temporelle. L'écart se creuse particulièrement pendant la période estivale lorsque le tapis de *Pistia stratiotes* s'intensifie. L'importante biomasse en surface aurait donc un effet d'isolation qui empêcherait de réguler la température de l'eau et favoriserait une augmentation thermique.

b) Réduction de la pénétration lumineuse sous les tapis de *Pistia stratiotes*

La mesure de la luminosité témoin a été contrainte par la présence de macrophytes dérivants qui ont obstrué le capteur de la sonde témoin. Ainsi, le graphique présente d'importantes variations qui ne sont pas dues à *Pistia stratiotes*.

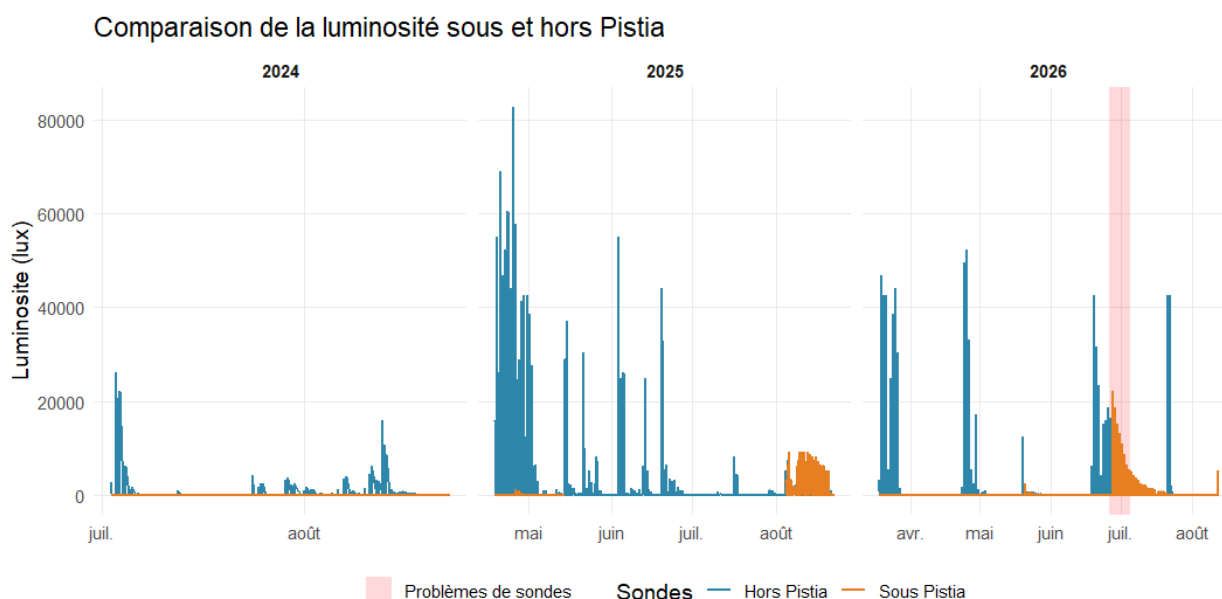


Figure 15: Comparaison de la luminosité sous et hors *Pistia stratiotes* (2024-2026)

Les trois années montrent la même tendance avec presque aucune intensité lumineuse sous *Pistia stratiotes* alors que le témoin montre des pics pouvant aller jusqu'à 80 000 lux en 2025. Malgré les obstructions, le contraste reste très important. Cette différence est confirmée par un test statistique de Wilcoxon (p -value : $1,02 \times 10^{-20}^{***}$). L'obstruction de cette luminosité perturbe toute la colonne d'eau qui se trouve en dessous de *Pistia stratiotes* empêchant, par exemple, la photosynthèse des macrophytes immergés et donc l'apport d'oxygène dissous.

c) Détection d'épisodes d'hypoxie sous les tapis par suivi de l'oxygène dissous

Les sondes ont mesuré en continu la concentration d'oxygène entre le mois de mars et mi-août durant deux ans. Elles ont révélé une différence sous et hors *Pistia stratiotes*. Cependant des dysfonctionnements de sonde ou des déplacements imprévus en août 2025 et fin juin 2026, ont perturbé les résultats en intégrant des valeurs aberrantes sur les périodes concernées.

Afin de comparer les valeurs sous et hors le tapis de laitue d'eau, on réalise un test de Wilcoxon. En effectuant ce test sur les valeurs de concentrations d'oxygène sous et hors *Pistia stratiotes*, on obtient une différence significative seulement en retirant les périodes avec des problèmes de sondes. La différence est significative sur les deux ans puisque la p -value est de 0,05 en 2025 et de $1,4 \times 10^{-4}$ en 2026.

Pour analyser au mieux les données d'oxygène, on les convertit en saturation d'oxygène afin de mieux visualiser l'impact sur l'écosystème. Le graphique de l'oxygène dissous pendant les deux ans se trouve en annexe (Annexe V)

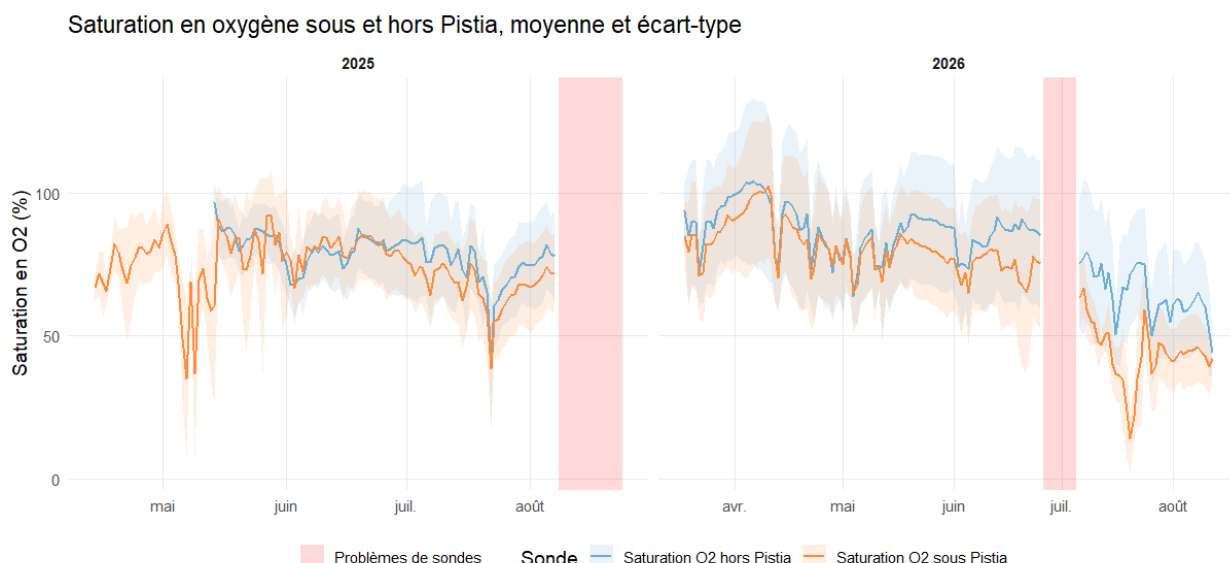


Figure 16: Saturation en oxygène sous et hors Pistia, stratiotes moyenne et écart-type

Sur ce graphique de nombreux creux identiques sous et hors *Pistia stratiotes* sont observables. Cela est probablement dû à un facteur externe comme une baisse de température ou un épisode pluvieux. Cependant, on observe également des chutes divergentes où seule la sonde sous la laitue d'eau s'effondre pendant que l'autre reste stable. C'est cette distinction qui permet d'identifier les chutes dues à la laitue d'eau et non aux conditions météorologiques. A partir de juillet 2026, les deux courbes divergent fortement. Hors *Pistia stratiotes* reste globalement entre 60 et 80%, alors que sous *Pistia stratiotes* s'effondre jusqu'à environ 15-20%. Une saturation de 15-20% correspond à une hypoxie sévère, proche de l'anoxie pour de nombreuses espèces. Ce graphique de saturation en oxygène confirme qu'un tapis épais au mois d'août a un effet important sur le milieu.

L'écart-type sur ce graphique a une grande amplitude due aux variations journalières des concentrations en oxygène dissous. Ainsi, pour mieux observer ce phénomène en détail, on compare la concentration d'oxygène dissous de deux semaines, celle du 1 avril 2026 et celle du 1 août 2026.

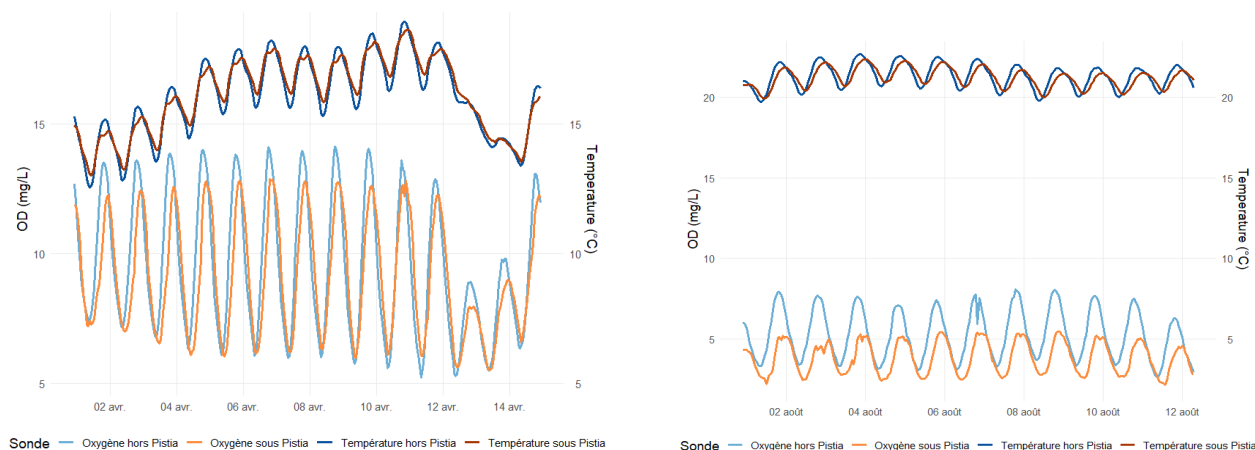


Figure 17: Variabilité journalière de l'OD et de la température (semaines du 1er avril et 1er août 2026)

Sur ces deux graphiques, on peut mettre en lumière la variabilité journalière des concentrations d'oxygène. En effet, tous les jours, on observe un pic en journée et une décroissance du taux d'oxygène durant la nuit. Ce phénomène peut s'expliquer par la réalisation de la photosynthèse des macrophytes immergés qui relâche du dioxygène dans l'eau. En comparant les deux semaines, on voit que la différence entre la sonde hors et celle sous *Pistia stratiotes* est d'environ de 2 mg/L mais que les deux courbes suivent la même tendance. Sous *Pistia stratiotes*, la concentration d'oxygène en août atteint même 2 mg/L, ce qui représente des conditions mettant en stress la perche et la carpe, dont les optimums minimaux sont respectivement de 7 et 3 mg/L. (Keith et al., 2011)

e) Lien entre les concentrations en nutriment et la prolifération de *Pistia stratiotes*

Les concentrations, en mg/L, mesurées sur le contre-canal pendant les trois ans d'étude pour chaque nutriment sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Tableau des nutriments en T2 entre mars 2024 et juillet 2026

	Ammonium NH_4^{4+}	Nitrites NO_2^-	Nitrates NO_3^-	Ortho phosphate PO_4^{3-}	Phosphate total
Mars 2024		<0.05			<0.2
Juin 2024	0.15		3.45		<0.05
Mars 2025	0.16	<0.05	1.09	<0.2	<0.05
Juillet 2025	<0.08	<0.05	0.43	<0.2	0.35
Mars 2026	<0.1	<0.05	0.92	<0.2	<0.05
Juillet 2026	0.29	<0.05	1.35	0.69	0.28

Les concentrations en ammonium restent faibles toute l'année, avec un pic notable en juillet 2026, atteignant 0,29 mg/L. Ces concentrations basses peuvent être liées à la présence de la laitue d'eau. En effet, de nombreuses études analysent son pouvoir d'absorption des nutriments, et l'ammonium est toujours le nutriment azoté absorbé en premier. Cette préférence s'explique car l'ammonium est assimilable plus facilement par la plante sans l'utilisation de nitratre ou nitrite réductase. *Pistia stratiotes* assimile d'abords l'entièreté de l'ammonium avant les nitrates dans le milieu. (Lu et al., 2010) Aucune variation significative n'a été détectée pour les nitrites, avec des concentrations systématiquement inférieures à 0,05 mg/L. En juillet, les concentrations en nitrates sont généralement plus basses qu'en mars, sauf en juillet 2026. Ces grandes variations de concentrations démontrent une absence de tendance interannuelle.

Les concentrations en orthophosphate et en phosphore total sont basses en mars, mais une augmentation est observée en juillet 2026. Cette augmentation significative des phosphates en juillet 2026 pourrait être liée à la minéralisation de la matière organique, comme *Pistia stratiotes* en décomposition, ou des conditions d'anoxie locale.

Les résultats de ces prélèvements montrent une grande variabilité entre les années. Des augmentations de concentrations sont observées sous *Pistia stratiotes* en juillet, cependant aucun schéma régulier lié à la présence de *Pistia stratiotes* n'apparaît dans ces résultats. Cela suggère que d'autres facteurs, tels que la température, l'activité microbienne due à des conditions anaérobies ou des apports externes, pourraient influencer ces concentrations.

2. Développement de la végétation aquatique dans le contre-canal du Rhône et compétition avec *Pistia stratiotes*

a) Évolution des surfaces occupées par *Pistia stratiotes* entre 2024 et 2026

La cartographie mensuelle des surfaces colonisées permet de se rendre compte de l'importance spatiale de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal. En cartographiant directement sur le terrain, on obtient une représentation du tronçon T2 comme celle qui suit, et des autres tronçons qui se trouvent en annexe. (Annexe VI)



Figure 18: Évolution des surfaces colonisées sur T2 entre 2024 et 2026

Les trois cartes nous permettent de comparer l'évolution de l'étalement sur les trois années. On constate que l'année avec la plus grande surface recouverte de laitue d'eau est l'année 2026. En effet le front de colonisation est plus important que les deux années précédentes. Sur cette représentation, on constate aussi une anomalie en 2024. En effet, on remarque que la surface du mois de mars est plus grande que celles entre avril et juin. Ce résultat s'explique par de forts orages fin mars qui ont balayé la surface de laitue d'eau existante.

En transformant les surfaces en données chiffrées, on peut représenter les surfaces colonisées dans l'histogramme suivant :

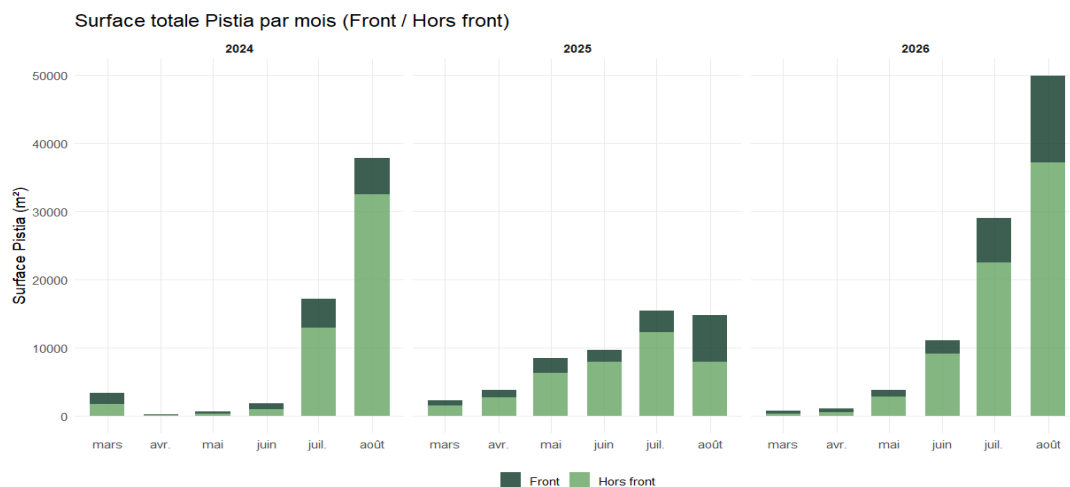


Figure 19: Évolution des surfaces totales de *Pistia stratiotes* par mois et comparaison Front et Hors front

La comparaison des résultats des 3 ans d'étude confirme bien que 2026 est l'année avec le plus de surface colonisée avec environ 50 000 m² en août, contre 38 000 m² en 2024 et à peine 15 000 m² en 2025. Malgré les différences des maximums observés, toutes les années suivent une dynamique de croissance similaire. Les surfaces colonisées sont presque nulles en mars-avril, puis ont une croissance explosive à partir de juin-juillet. L'année 2026 a été l'une des années les plus chaudes jamais enregistrées dans le Gard, ce qui explique cette croissance phénoménale observée cette année. Les observations mettent bien en lumière le caractère thermo-dépendant de la laitue d'eau dont les conditions clémentes hydro-climatiques sont indispensables à sa croissance.

Concernant le ratio Front/Hors front, il varie aussi selon les années puisqu'en 2025 le front représente la moitié de la surface alors qu'en 2026, il reste proportionnellement plus petit comparé à la surface totale. Cela montre que les conditions météorologiques telles que le vent a un grand impact sur le déplacement de *Pistia stratiotes* dans la surface des fronts de colonisation. En effet, de forts événements venteux ont eu lieu fin juillet 2025, visibles en annexe sur le graphique météorologique (Annexe XI), permettant donc la dispersion de la laitue d'eau dans le Gardon et favorisant le regroupement des rosettes au niveau des fronts de colonisation.

Pour compléter la cartographie, une prise de vue mensuelle par drone permet d'analyser son étalement spatial. Il permet également de se rendre compte de l'ampleur des surfaces colonisées et de l'obstruction qu'elle exerce au niveau des ouvrages bloquant du contre-canal. Prenons ici l'exemple de l'évolution du tronçon T2, les autres photos se trouvent en annexes. (Annexe IV)

b) Interactions entre *Pistia stratiotes* et les autres macrophytes

Sur les trois années de suivi, 33 espèces de macrophytes ont été recensées le long des 22 transects du contre-canal. (Annexe III) Pour analyser l'évolution de la diversité végétale, quatre indices de biodiversité ont été calculés : la richesse spécifique, l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et l'équitabilité de Piélou. Ils ont été comparés annuellement. (Annexe VII)

L'année 2024 présente des valeurs significativement plus basses que 2025 et 2026 pour la richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité de Piélou. L'analyse de ces indices est une première manière d'étudier l'impact de la laitue d'eau sur la flore du contre-canal. Cependant, ils ne révèlent pas uniquement l'impact de *Pistia stratiotes*. En effet, 2024 n'est pas l'année avec le plus de surface colonisée, pourtant c'est l'année avec les indices les plus faibles. Ainsi, la réduction de la biodiversité végétale par la présence de la laitue d'eau ne se vérifie pas directement à l'analyse de ces indices. Seul l'indice de Simpson ne montre pas de différence significative entre les trois années. Cet indice de biodiversité est particulièrement intéressant parce que plus il est grand, plus un écosystème a une répartition spécifique inégale. Dans notre étude qui s'intéresse aux PEE, c'est un indice particulièrement intéressant pour observer une espèce prenant beaucoup d'importance. De plus, l'analyse de la composition floristique par NMDS (stress = 0,192) montre des ellipses de confiance largement superposées entre les trois années. (Annexe VIII) Ainsi, la communauté floristique du contre-canal apparaît globalement stable dans sa composition annuelle sur la période d'étude.

Pour mieux comprendre l'évolution de ces indices de biodiversité, une analyse mensuelle a également été réalisée. (Annexe IX)

Contrairement à la comparaison annuelle, cette analyse mensuelle révèle une évolution saisonnière allant avec la croissance de la flore. En 2024 et en 2026, l'ensemble des indices ont la même dynamique, avec une montée en début de saison jusqu'à un pic vers mai-juin, puis une descente nette en juillet-août. Cette évolution met en avant la croissance de la flore au printemps, dont la richesse et l'abondance augmentent, puis la chute des indices coïncide avec l'apparition de *Pistia stratiotes* en masse

à partir de juillet. 2025, à l'inverse, reste élevé ou continue de monter sur la même période, ce qui est cohérent avec le peu de surfaces colonisées cette année-là.

L'analyse de ces quadrats nous permet également de nous rendre compte de la présence de *Pistia stratiotes* tout du long de la zone d'étude. En effet, la cartographie met en avant les colonies et leurs colonisations du milieu. L'analyse des quadrats permet d'avoir une information complémentaire quant à la présence ponctuelle de la laitue d'eau. En analysant sa présence spatiale et temporelle, on obtient des informations complémentaires aux données des surfaces totales mesurées par cartographie.

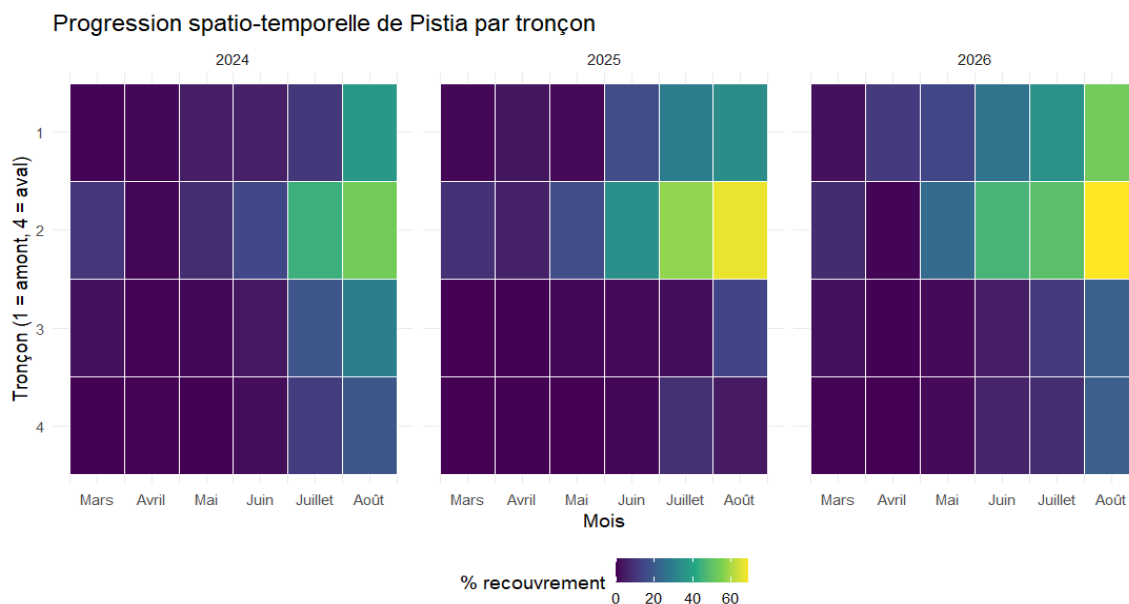


Figure 20: Progression spatio-temporelle de *Pistia stratiotes* par tronçon

La progression spatio-temporelle permet de mettre en lumière quelques phénomènes. Tout d'abord, la présence des ouvrages bloquants. En effet, en T2 on observe bien que la croissance est tellement importante qu'elle représente plus de 50% des quadrats au mois d'août de chaque année. Cependant, on observe aussi que T1, sans ouvrages bloquants, est le second tronçon le plus colonisé. En effet, sa forme et son hydrologie favorisent l'invasion de la laitue d'eau en gros patch. On peut également observer la taille différente des tronçons. En effet, T3 apparaît ici comme moins colonisé que les autres tronçons alors que sa longueur empêche de voir l'importance des surfaces colonisées. De plus, la connexion de T4 avec le Gardon favorise la descente de *Pistia stratiotes* sur cette zone, diminuant donc les surfaces colonisées.

Afin d'éviter les biais des moyennes sur des tronçons avec des propriétés différentes, on peut également regarder la fréquence d'occurrence sur les quadrats.

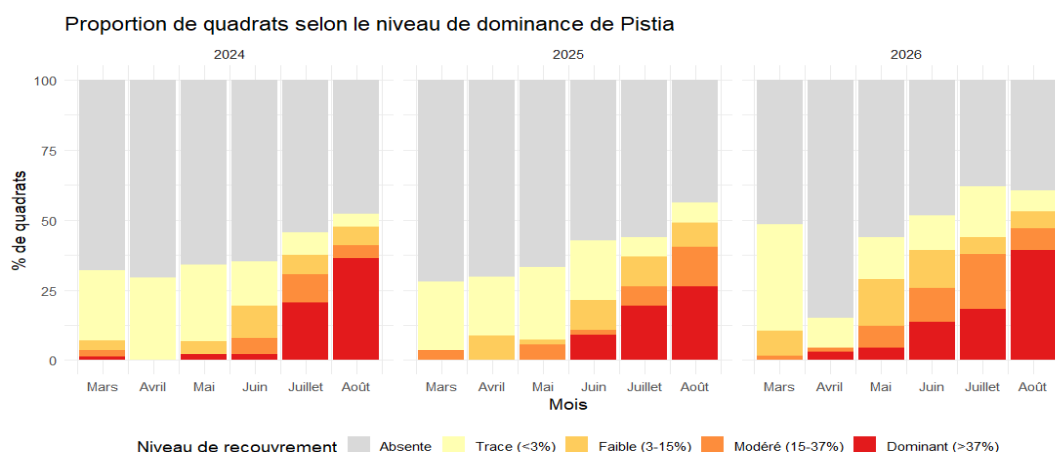


Figure 21: Proportion de quadrats selon le niveau de dominance de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal

L'apparition de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal est ici aussi progressive, puisque le pourcentage d'absence diminue avec les mois. De même, l'importance de la catégorie Dominant en août de chaque année traduit une augmentation des quadrats totalement colonisés. 2025 apparaît ici aussi comme une année où les surfaces sont moins importantes avec un maximum de dominant à 25%. Ce graphique met en lumière l'omniprésence de la laitue d'eau puisqu'elle est présente constamment sur la zone d'étude même à l'échelle de trace. En effet, à l'exception d'un seul mois, la présence de la laitue d'eau ne descend pas en dessous des 25%.

L'inventaire floristique du contre-canal permet également de mettre en lumière l'importance des PEE dans le contre-canal. En effet, les températures clémentes et le faible débit rendent le milieu propice à la croissance de ces flores invasives et opportunistes. La liste des PEE présentes sur le contre-canal est listée dans le tableau en annexe (Annexe III). *L'amarpha fruticosa* n'est pas un héliophyte, cependant elle a été incluse en 2026 dans l'inventaire puisque la digue séparant le Rhône du canal est un milieu unique favorisant sa présence en berge et notamment sur les quadrats analysés. Pour représenter l'importance de ces PEE sur la zone d'étude, on regarde la répartition moyenne de leurs recouvrements.

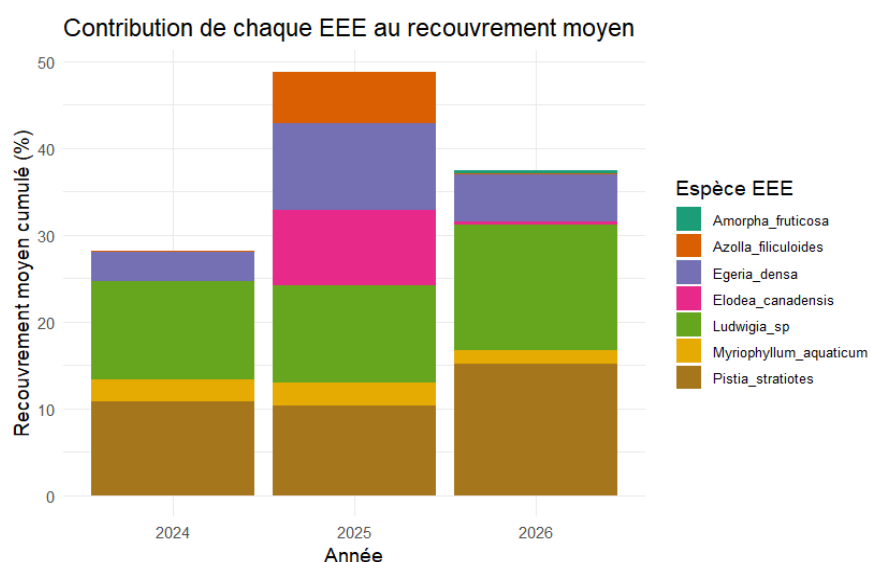


Figure 22: Contribution de chaque EEE au recouvrement moyen

La répartition des PEE sur les quadrats confirme bien l'importance de ces espèces dans l'écosystème du contre canal. En effet, elles ne descendent pas en dessous des 25% de recouvrements cumulés et représentent même 50% en 2025. Ce graphique permet aussi de mettre en lumière des

événements ponctuels comme l'invasion d'*Azolla filiculoides* en mai 2025. *Ludwigia grandiflora* et *Pistia stratiotes* représentent à elles deux la moitié des PEE observées sur la zone d'étude.

c) Dynamique de coexistence entre *Ludwigia grandiflora* et *Pistia stratiotes* dans le contre-canal

Depuis deux ans, l'étude s'intéresse plus particulièrement à l'interaction de la Jussie à grande fleur (*Ludwigia grandiflora*) et à la laitue d'eau. L'année précédente, cette partie de l'étude a été réalisée à l'aide des surfaces de recouvrement. Cependant, la Jussie étant une plante fixe et la *Pistia stratiotes* étant mobile, son étude sur les surfaces de recouvrement peut être biaisée par la laitue d'eau superposée à la Jussie. Pour étudier leurs interactions d'un nouvel œil, l'analyse des données se fera grâce aux données des quadrats.

En étudiant les quadrats qu'ils partagent en commun, on constate que 28,5% des quadrats sont partagés par les deux macrophytes. Sachant que ce sont deux plantes rarement présentes dans le chenal, représentant ici $\frac{1}{3}$ des quadrats, on en conclut que beaucoup des quadrats en berge sont partagés par ces deux espèces.

Tableau 2: Quadrats partagés par la jussie à grande fleur et la laitue d'eau

Jussie à grande fleur	Laitue d'eau	% de présence sur les quadrats
Non	Non	37,6
Non	Oui	12,7
Oui	Non	21,2
Oui	Oui	28,5

Pour compléter ces observations, on trace une comparaison annuellement des recouvrements moyens de *Pistia stratiotes* et de Jussie moyen. Tout d'abord, on constate que la distribution de Jussie est très étalée puisque ces taux de recouvrements sont répartis uniformément entre 0% et 87,5%. Quand *Pistia stratiotes* est très importante, la Jussie est peu représentée en ne dépassant pas les 20%. On peut donc déceler une exclusion de la Jussie lorsque la *Pistia stratiotes* est en forte densité. Cependant avec un R aussi faible ($<0,31$), on détecte une association statistiquement détectable mais écologiquement modeste. En effet, beaucoup de points n'ont ni *Pistia stratiotes* ni Jussie, ce qui dirige la corrélation vers une cohabitation plutôt qu'une exclusion compétitive nette.

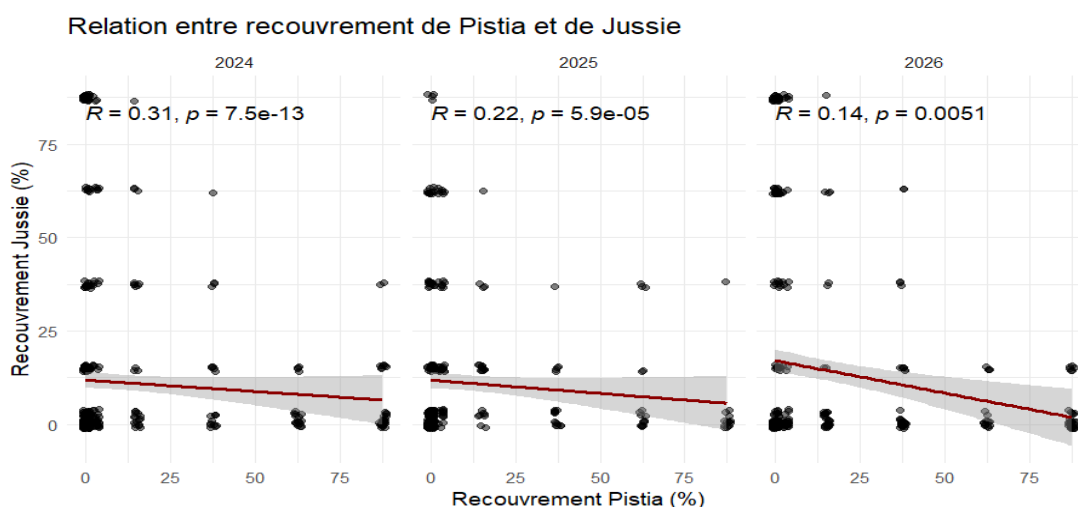


Figure 23: Relation entre recouvrement de la laitue d'eau et de jussie

Pour compléter cette analyse, un test de Spearman confirme l'hypothèse de non-compétitivité avec une valeur positive de 0,216 ($p\text{-value}=1,062 \times 10^{-14}$). Ce score dirige plus notre analyse vers une corrélation positive mais faible. Ce résultat peut être appuyé par une observation de terrain qui ne transparaît cependant pas sur les données des transects. En effet, on constate que lorsque *Pistia stratiotes* forme un tapis dense de *Pistia stratiotes*, certains hélophytes, comme la Jussie, profitent de ces racines comme substrats pour se développer. Comme sur la photo ci-dessous, où le Cresson de Fontaine (*Nasturtium officinale*) utilise *Pistia stratiotes* comme substrat. La relation entre la laitue d'eau et *Ludwigia grandiflora* pourrait finalement être une relation bénéfique au développement de ces deux macrophytes.



Figure 24 : (A) Jussie en un tapis dense de *Pistia stratiotes*, (B) Cresson de Fontaine utilisant la laitue comme substrat

3. Impact de *Pistia stratiotes* sur la vie subaquatique

a) Réduction de la diversité des poissons et macro invertébrés sous les tapis de *Pistia stratiotes*

- **Pêche électrique**

La pêche électrique de 2025 réalisée en berge du contre-canal du Rhône a permis d'inventorier 11 espèces piscicoles et 2 espèces d'écrevisses invasives. La gambusie domine en nombre d'individus, tandis que l'anguille domine en biomasse. Une large gamme de tailles a été observée pour cette espèce, ce qui signifie plusieurs classes d'âge présentes sur le secteur. Le protocole de pêche par points en berge n'a pas permis d'échantillonner le chenal central d'une profondeur moyenne de 2,5 m. Dans le chenal, ont été observées des carpes communes et des chevaines qui sont des espèces fortement attendues d'après l'IPR cependant, elles n'ont pas été inventoriées. Un brochet juvénile (0+) a par ailleurs été capturé ce qui confirme que le contre-canal est bien une zone de reproduction pour cette espèce repère malgré une faible densité. Les indices de diversité traduisent une richesse spécifique modérée (Shannon = 1,76 sur un max de 3,46 ($\log_2(11)$)) ; équitabilité de Piélou = 0,51). Plusieurs espèces exotiques envahissantes sont présentes sur le milieu en plus des 2 écrevisses, avec la gambusie, la perche soleil et le pseudorasbora.

L'IPR qualifie le contre-canal de cours d'eau en mauvais état écologique (26,14), en raison d'un déficit d'espèces lithophiles et rhéophiles. Cet indice semble biaisé par deux facteurs principaux.

D'une part, l'origine anthropique du canal qui est entièrement artificiel et positionné en aval à proximité du Rhône. Il est donc assimilé à un grand cours d'eau de plaine lent et chaud, alors qu'il ne reçoit pas directement les eaux du fleuve et présente des caractéristiques hydromorphologiques différentes. Parmi les espèces à forte probabilité de présence ($>0,6$), 4 ont été inventoriées, auxquelles s'ajoutent la carpe commune et la chevaine observées mais non capturées. À l'inverse, des espèces présentes comme le

brochet, la bouvière, le carassin et la grémille n'affichent qu'une faible probabilité de présence (<0,1) selon l'indice.

D'autre part, le protocole d'inventaire de la pêche par points ne couvre qu'environ 10 % de la surface en eau totale. Les 75 points de pêche sur le contre-canal été tous situés en berge, sans habitat particulier identifié pouvant enrichir la diversité échantillonnée.

Les retours d'enquête auprès des pêcheurs de loisir et les observations de terrain confirment la présence de la carpe commune et du sandre sur le site, bien qu'absents de l'inventaire. (41)



Figure 25 : Photo de la pêche électrique par point en bateau (Juin, 2025)

- **Macro invertébrée**

La comparaison des macros invertébrés échantillonnés sous *Pistia stratiotes* et sous *Ludwigia grandiflora* révèle une différence quantitative marquée, même si la structure fonctionnelle des communautés reste globalement similaire.

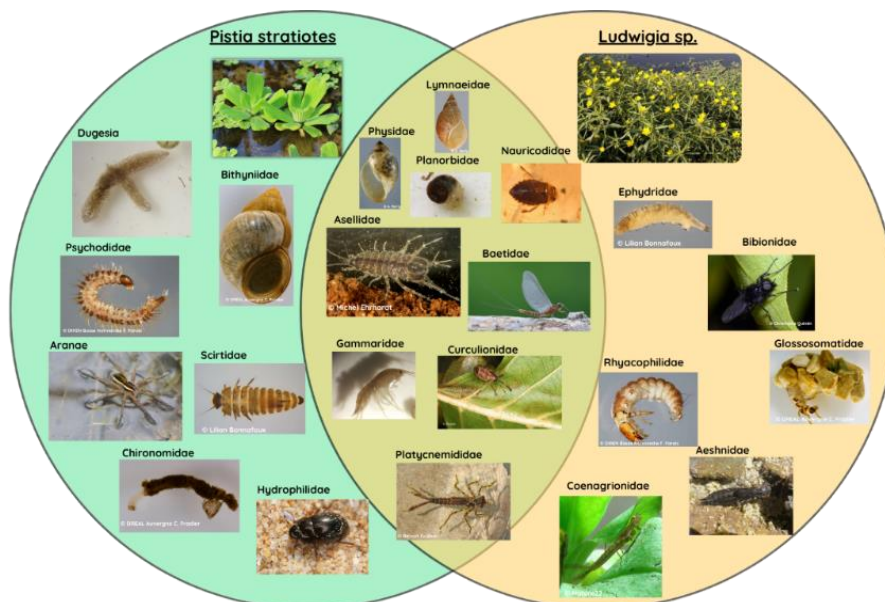
Sur les trois échantillons, on dénombre à peine 305 individus sous la laitue, contre plus de 1000 sous la Jussie. Il y a donc moins d'individus sous *Pistia*, mais répartis plus équitablement entre les taxons et en ayant pas de taxon ultradominant, alors que sous la Jussie il y a un ou deux taxons très abondants qui écrasent les autres en proportion.

Tableau 3 : Résultats de l'étude sur les macro invertébrées

Station	Effectif	Richesse	Shannon	Simpson	Pielou
J1	381	18	1,475837	0,5971301	0,5106047
J2	376	19	1,753881	0,6580686	0,5956588
J3	309	17	1,764514	0,6996573	0,6227959
P1	104	16	2,209422	0,8405058	0,7968805
P2	64	16	2,304228	0,864283	0,8310747
P3	137	18	2,472017	0,887327	0,8552594

En termes de richesse taxonomique, les deux macrophytes sont comparables puisque 17 familles sont communes sur les 24 recensées au total. En revanche, les abondances sont systématiquement plus faibles sous *Pistia*. Cette différence pourrait refléter un effet réel de la densité du couvert végétal sur la faune, mais elle pourrait aussi provenir d'un biais d'échantillonnage. Le prélèvement de surface standardisé ne capture en moyenne sous trois ou quatre plants de *Pistia*, ce qui représente beaucoup moins de biomasse végétale que pour la jussie.

Malgré ces différences quantitatives, la structure trophique des communautés ne varie pas significativement. Les prédateurs, herbivores et détritivores sont représentés dans des proportions similaires sous les deux macrophytes. C'est au niveau de la composition spécifique que des variations apparaissent. La laitue héberge davantage de coléoptères prédateurs typiques des eaux stagnantes (Nauricodae, Dytiscidae), tandis que la jussie abrite plutôt des prédateurs associés aux eaux courantes (zygoptères). Les trichoptères, taxon pourtant intéressant pour les indices biologiques, sont totalement absents des échantillons. La faible diversité d'éphéméroptères reste plus difficile à expliquer et surprend davantage.



- **ADNe**

L'analyse ADNe réalisée en juin 2026 sur le contre-canal a permis de détecter la présence de 19 espèces de poissons. Cet inventaire regroupe des espèces emblématiques du peuplement piscicole du secteur, comme le brochet, le sandre, la perche, l'anguille, la carpe, le silure glane, l'aspe, la brème commune, la brème bordelière, la tanche, le rotengle, le gardon, l'ablette, le spiralin, la bouvière, la loche et le barbeau fluviatile. Elle révèle aussi la présence de plusieurs espèces exotiques comme la perche soleil, le pseudorasbora et la gambusie, déjà bien implantées sur le bassin. Ces résultats donnent un état des lieux global des espèces présentes dans le contre-canal, sans distinguer les zones fortement envahies par la laitue d'eau des zones plus préservées. Ils ne permettent donc pas d'établir un lien direct entre la présence de *Pistia stratiotes* et la composition du peuplement piscicole.

b) Influence de *Pistia stratiotes* sur la flore aquatique submergée

Deux plongées scientifiques ont été réalisées sur le contre-canal. Durant cette immersion aquatique, des photos et des vidéos ont été réalisées pour observer l'impact de *Pistia* sur la flore et le substrat sous *Pistia*. On constate que les plantes organiques immergées sont recouvertes de matière organiques. Ce dépôt peut être dû à leur dégradation suite à l'absence de luminosité. En effet, les sondes de luminosité ont démontré une absence totale de la lumière sous le tapis de laitue d'eau, qui empêche la photosynthèse des hydrophytes immergées et l'accélération de leur dégradation. Ce phénomène montre bien un envasement du milieu.

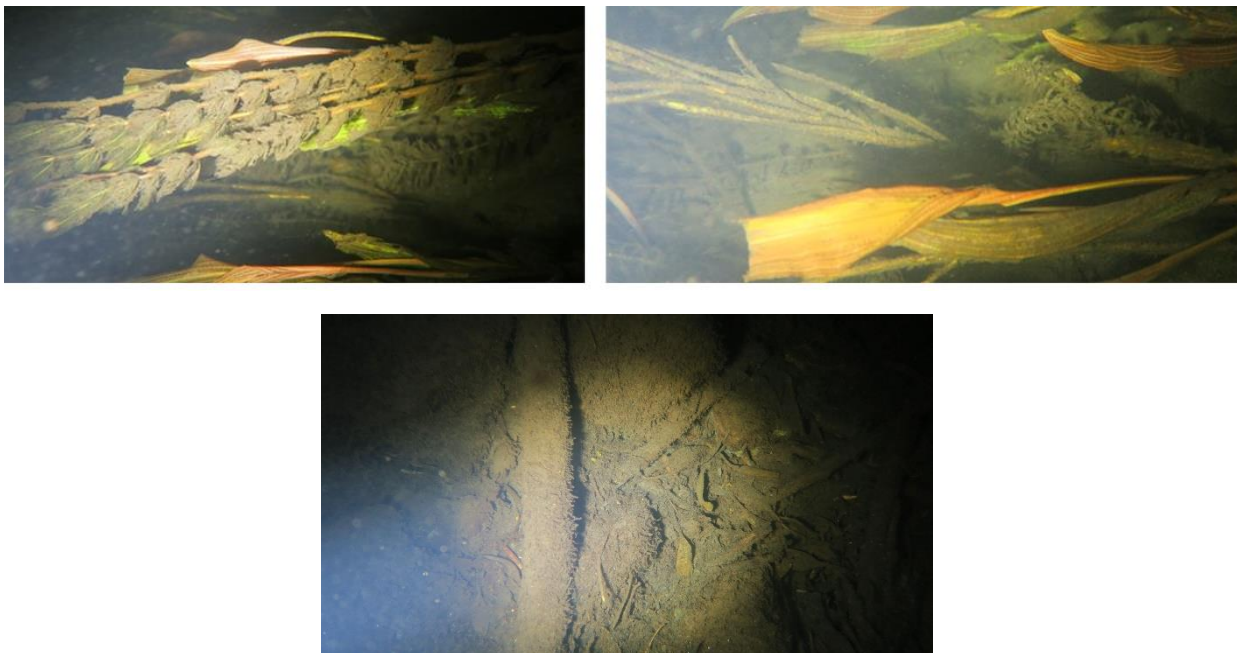


Figure 26 : Photos subaquatiques d'envasement du milieu

Les photographies nous ont également permis de localiser la faune dans cette végétation aquatique. La plupart des poissons observés se trouvaient seulement à la lisière du tapis de Pistia, leurs servant ainsi d'abri et de nurserie pour de nombreux alevins.



Figure 27 : Brèmes à la lisière du tapis de Pistia stratiotes

4. Mécanismes de reproduction et d'expansion de Pistia stratiotes

a) Taux de germination des graines et viabilité des plantules de Pistia stratiotes

Les deux expériences ont été réalisées dans des conditions de températures distinctes avec une moyenne de température de 23,8°C pour l'expérience 1 et de 27,9°C pour l'expérience 2. La température mesurée sous serres pour les deux expériences se trouve en annexe. (Annexe X) La moyenne des taux de germinations pour chaque traitement est présentée dans le tableau ci-dessous, ainsi que le temps de germination moyen (MGT).

Exp	Traitement	Taux de germination moyen (%)	Écart-type taux de germination	MGT	Réplicats
1	Eau	16	11,3	15,8	2
1	Eau-fruit	0	-	-	1
1	Sec	30	14,1	13,3	2
1	Sec-fruit	52	-	18,2	1
2	Eau	29,3	16,6	17,9	3
2	Sec	26,7	12,2	17,2	3

Tableau 4: Résultats de la germination pour les différents modes de conservation et pour les deux expériences

En analysant statistiquement nos résultats, un test de χ^2 sur fréquences de germination n'a pas été significatif. Un second test de Fisher deux à deux confirme l'absence de différence entre Eau et Sec dans l'expérience 1. C'est pourquoi la deuxième expérience s'est portée exclusivement sur ces deux paramètres. Concernant la condition Eau-fruit, elle se distingue nettement des autres traitements. Cette distinction peut s'expliquer par une observation qualitative. Lors de l'ouverture du contenant qui gardait les fruits dans l'eau, une odeur de sulfure d'hydrogène (H_2S) s'est dégagée. Cela signifie qu'une activité de fermentation a eu lieu et donc une baisse d'oxygène. Cette observation pourrait expliquer la couleur différente des graines et l'absence totale de germination de ce traitement. Autrement dit, l'absence totale de germination est plus un artefact de conservation plutôt qu'une conservation inhibant la germination des graines. Concernant le taux de germination et la différence de température des deux expériences, les résultats ne sont pas significativement différents entre les graines dans l'eau et au sec. Aucun test statistique n'atteste d'une différence formellement significative. Le peu de réplicats et la grande variabilité des taux de germination ne nous permettent d'affirmer une corrélation entre la température et l'augmentation du taux de germination.

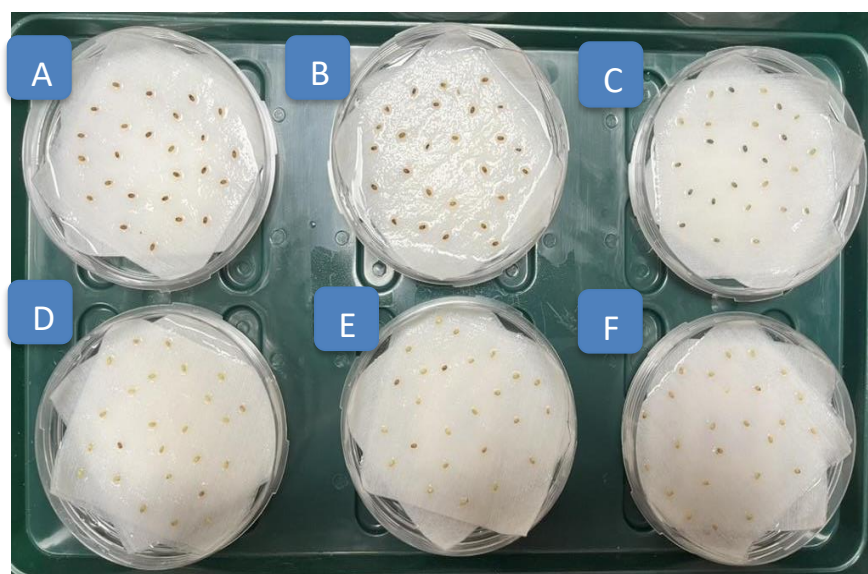


Figure 28: Photos du protocole de germination: A et B= eau , C= eau_fruit, D et E= sec et F= sec_fruit

Progression des stades de germination selon l'expérience et la technique de conservation

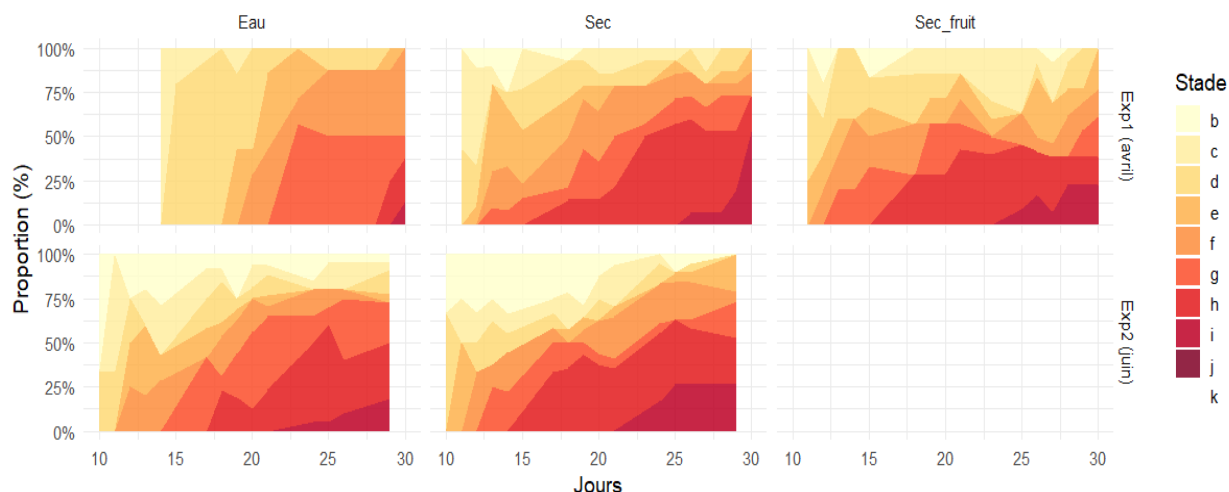


Figure 29: Evolution des stades de germination des graines de laitue d'eau en fonction du temps pour les deux expériences selon leurs modes de conservation

Ce second graphique montre que dans l'expérience 1, la germination est plus rapide pour les graines conservées au sec que pour celles dans l'eau. En effet, les stades avancés apparaissent plus tôt pour Sec et Sec-fruit que pour Eau. Pendant l'expérience 2, on constate une accélération de la germination comparée à l'expérience 1 puisque le stade j, le plus développé, apparaît plus tôt dans la seconde expérience que dans la première. On observe que le phénomène est identique pour les graines conservées au sec et dans l'eau, avec une accélération globale de la cinétique de germination pour tous les traitements. La température agit donc sur la cinétique de germination.

b) Rôle des stolons dans la multiplication végétative et l'expansion de *Pistia stratiotes*

Le prélèvement mensuel d'un mètre carré de laitue d'eau a permis à l'étude de mieux comprendre sa croissance en trois dimensions. En effet, la biomasse humide croît de manière exponentielle entre le mois d'avril et d'août en passant de 7 kg à 46 kg pour un mètre carré. Concernant la reproduction asexuée, on observe également une augmentation des individus avec plus de stolon lors des hausses de la température. Cela suggère que la reproduction végétative s'intensifie au cours de la période estivale.

Biomasse et densité de *Pistia* par catégorie de stolon

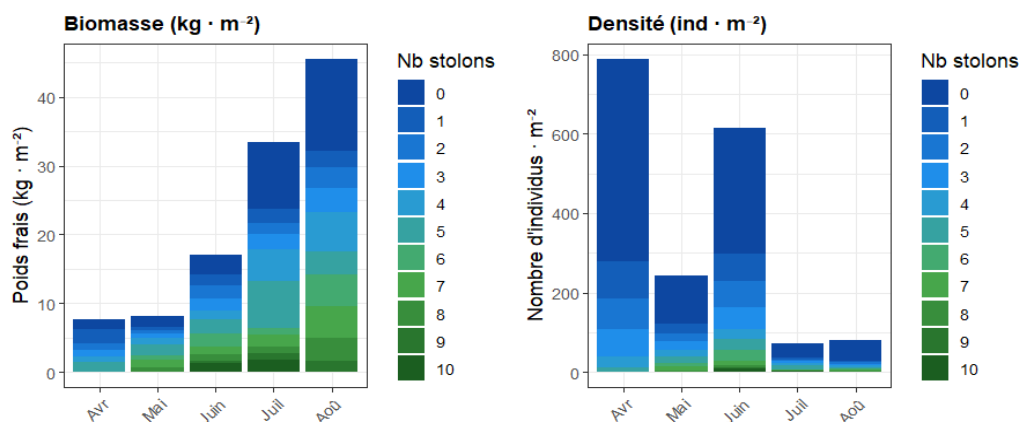


Figure 30: Evolution de la biomasse humide et de la densité des quadrats en fonction des mois.

Concernant la densité, les chiffres fluctuent. En effet, le mois d'avril dénombre près de 790 individus alors qu'en juillet et août, il n'y en a moins d'une centaine. Il y a donc moins d'individus mais leur taille est plus importante. De plus, au mois d'avril, la majorité des individus sont des plantules avec zéro stolon. Au mois de mai, la densité de la laitue d'eau baisse mais le nombre de catégories avec plus des stolons augmente donnant au mois de juin à nouveau beaucoup plus d'individus, dont des nouvelles plantules.

Nos observations sont confirmées par le poids moyen d'une rosette de *Pistia stratiotes* en fonction de la temporalité, représentée par le graphique ci-dessous. En effet, on constate que l'augmentation du poids moyen des rosettes augmente exponentiellement en juillet. Par exemple, une plantule en avril avait un poids presque nul alors qu'en août une plantule pesait 0,25 kg en moyenne. De plus, les rosettes avec le plus de stolons sont les rosettes les plus lourdes. Cela indique que les individus les plus lourds sont les individus ayant une plus grande capacité de reproduction asexuée.

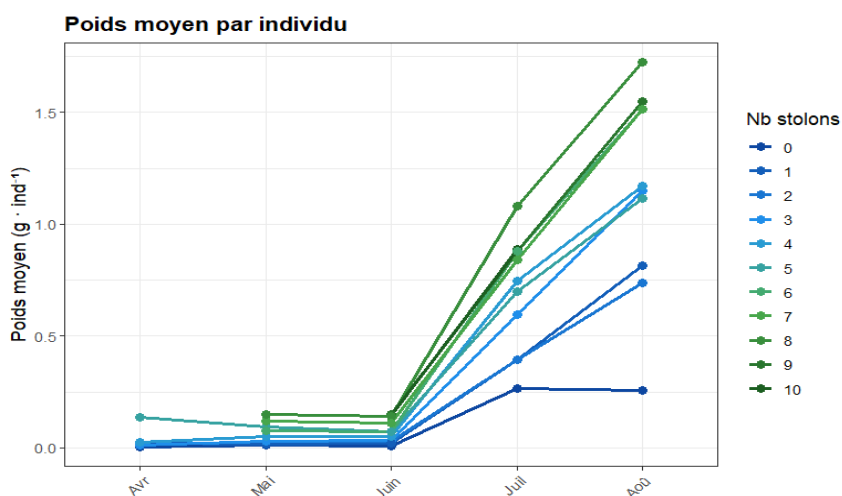


Figure 31: Poids moyen des individus par catégories du nombre de stolon en fonction des mois

L'augmentation de la biomasse accompagne la croissance des feuilles et des racines qui sont bien plus importantes au mois d'avril qu'au mois d'août. Avec nos mesures de biométrie, on remarque que la hauteur et le diamètre croissent globalement avec le nombre de stolons et au fur et à mesure des mois. On remarque ici la baisse de la taille des laitues d'eau en juin, qui confirme bien qu'il s'agit des nouveaux plants de mai qui grandissent.

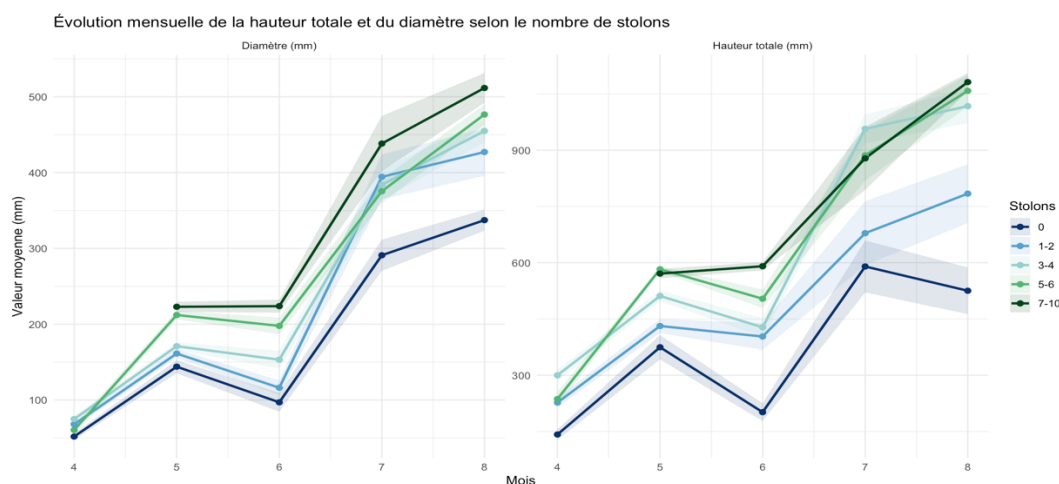


Figure 32: Évolution mensuelle de la hauteur totale et du diamètre selon le nombre de stolons

c) Reproduction sexuelle de la *Pistia stratiotes*

Lors du prélèvement du quadrats mensuel, on a pu compter le nombre total de fleurs sur un quadrat de laitue d'eau. Le compte total comprend donc les fleurs de la rosette mère mais également des rosettes filles encore attachées. Les fleurs apparaissent au mois de juin, puis à partir du mois de juillet la majorité des individus sont en fleur.

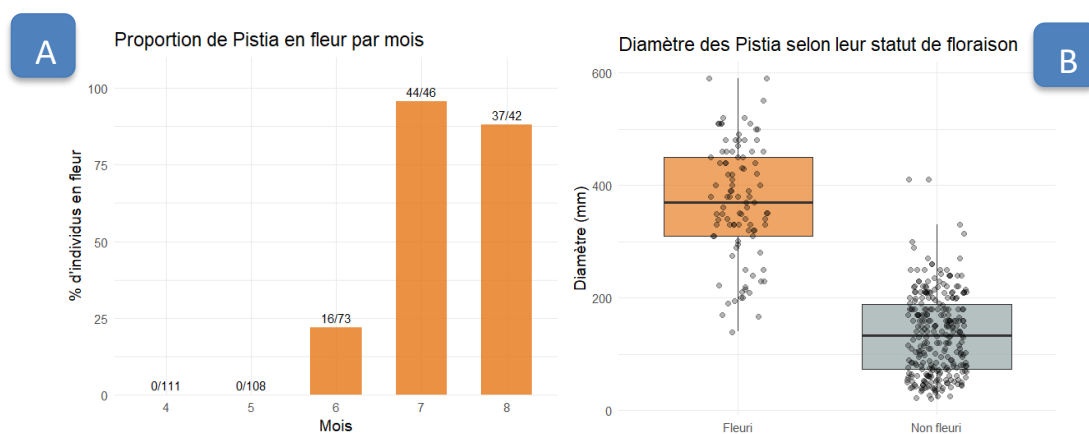


Figure 33: (A) Proportion de plant en fleur en fonction des mois, (B) Comparaison du diamètre moyen des plants fleuris et non fleuris

En comparant la taille des individus fleuris et leurs diamètres, on constate de manière significative que les fleurs sont observables sur les grosses rosettes. Ce résultat est plutôt cohérent puisque les fleurs apparaissent durant les fortes chaleurs ce qui coïncide avec le pic de croissance de *Pistia stratiotes*.

d) Modélisation des dynamiques de populations

La reproduction de *Pistia stratiotes* est bimodale, cependant, il est difficile de déterminer la part des deux techniques de reproduction. Avec les données collectées depuis trois ans, il est possible de déterminer quelle est la dynamique de croissance de la laitue d'eau sur le contre-canal gardois. En comparant sa croissance annuelle grâce aux modèles exponentiel, logistique et de Gompertz, on obtient les courbes suivantes.

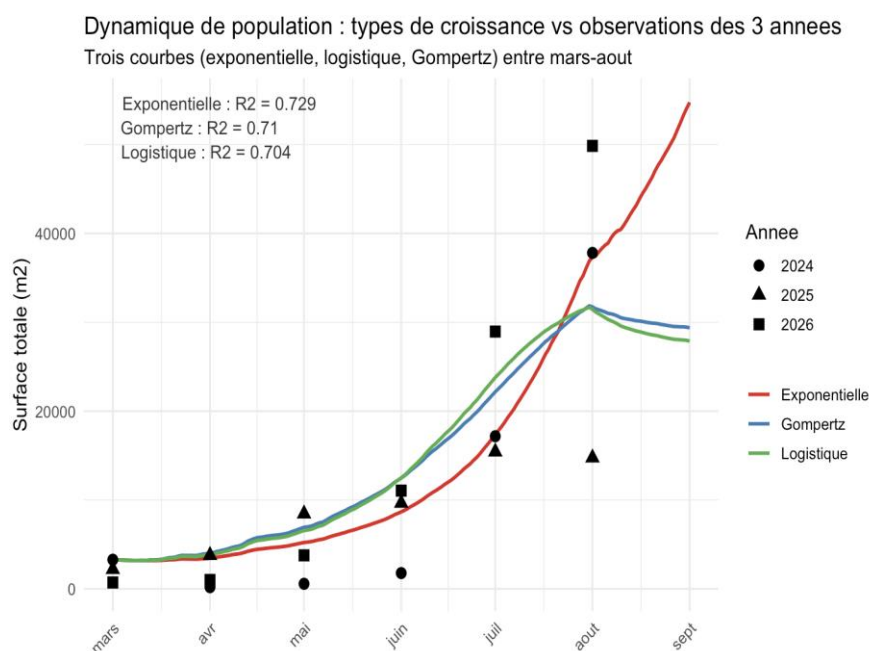


Figure 34: Comparaison de la modélisation de la dynamique de population de *Pistia stratiotes* selon trois modèles

La comparaison des coefficients de détermination (R^2) indique que les trois modèles suivent de manière équivalente l'évolution des surfaces. Le modèle exponentiel est cependant un peu plus précis que les autres.

5. Modélisation de l'invasion et prédiction des zones à risque

a) Calibration du modèle d'expansion basé sur les données de terrain

Trois formes de croissance ont été testées pour représenter la dynamique de population de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal. Le modèle exponentiel présente le meilleur ajustement. Cependant, il ne comporte pas de capacité de charge du milieu (K) intéressante dans une modélisation biologique. En effet, un milieu a forcément des limites biologiques comme l'accès aux ressources qui empêche une croissance infinie sous-entendu par un modèle exponentiel. Le choix du modèle logistique dans le modèle est justifié non pas par un meilleur ajustement statistique mais par un critère de réalisme biologique.

La calibration globale du modèle logistique repose sur les données des trois années de l'étude. À la vue de la différence de dynamiques des trois années surtout de 2025, la calibration s'est faite avec peu de points ce qui a réduit la robustesse statistique. Le même problème se pose pour les coefficients S et K . La calibration par multi-shooting a permis d'obtenir le coefficient de détermination le plus proche de nos observations avec un R^2 égal à 0,745.

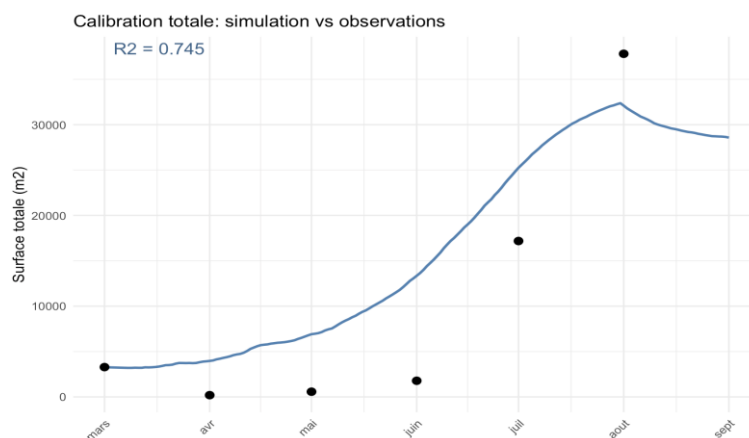


Figure 35: Calibration du taux de croissance sur l'ensemble des tronçons

b) Modélisation prévisionnelle de l'étalement de la laitue d'eau avec l'augmentation des températures

Le facteur le plus important dans la croissance de *Pistia stratiotes* est la température. Avec les hausses des températures à prévoir pour les prochaines années, il est intéressant de modéliser son devenir sur le contre-canal. Le modèle simule l'évolution des surfaces colonisées sous différents scénarios thermiques :

- La référence actuelle, calculée sur les trois années entre 2024 et 2026,
- Une année froide, -2°C par rapport à la référence actuelle,
- Un scénario de réchauffement de fin de siècle ($+4^{\circ}\text{C}$) selon les projections du GIEC.

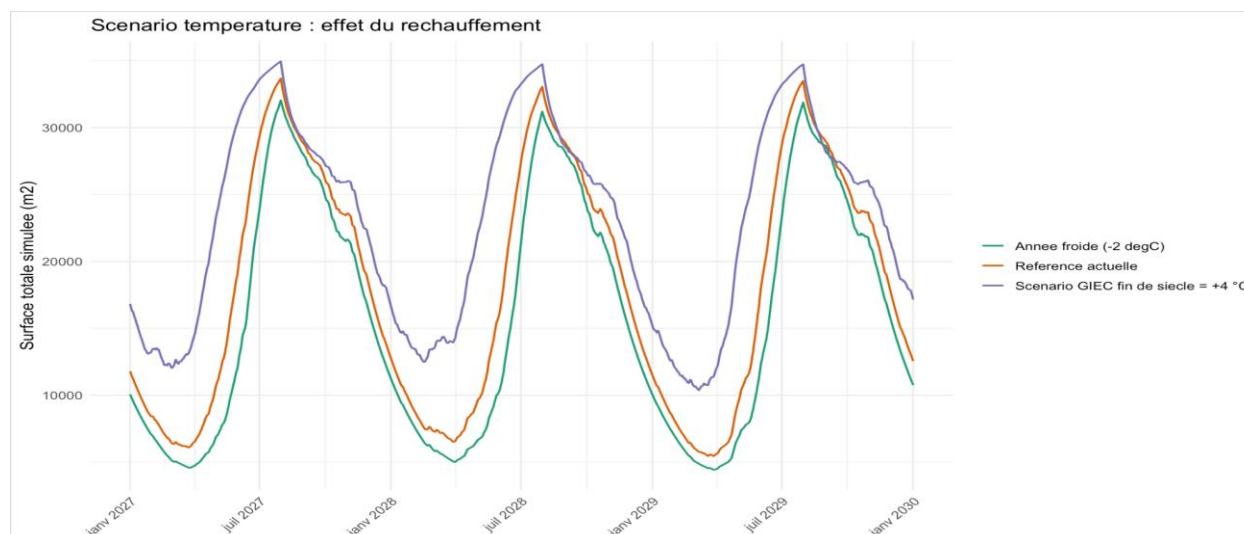


Figure 36: Scénario de température

Les simulations montrent que l'amplitude des pics estivaux de colonisation augmente avec le niveau de réchauffement. Cette tendance suggère que le réchauffement climatique pourrait non seulement accentuer l'intensité de la colonisation estivale, mais également modifier la fenêtre temporelle pendant laquelle une gestion est nécessaire. La modélisation permet de constater la différence d'amplitude, cependant elle sous-estime la croissance de la laitue d'eau. En effet, le maximum atteint ici est 30 000 m², alors qu'en 2026 on a déjà atteint 50 000 m².

c) Identification des leviers pour optimiser la gestion du contre-canal

Le modèle permet de simuler des dynamiques de population. Avec les résultats de notre étude, on modélise les surfaces colonisées par *Pistia stratiotes*. Cependant, lorsqu'on s'intéresse à la gestion, on raisonne en volume de laitue d'eau arrachée. En réalisant une approximation du volume de *Pistia stratiotes* en utilisant les données de surface et les volumes de la biomasse du quadrat mensuel, on obtient le graphique suivant.

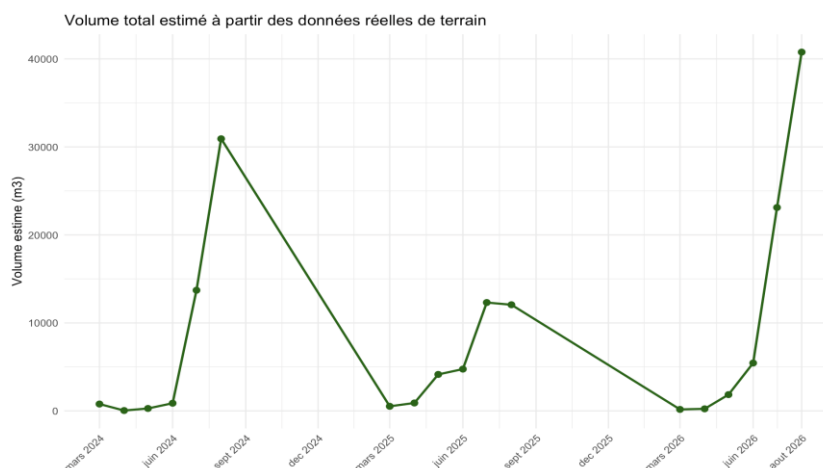


Figure 37: Approximation du volume de laitue d'eau sur le contre-canal

Dans cette approximation, le maximum de volume présent dans la zone d'étude atteint 30 000 m³ en 2024 et 40 000 en 2026. Dans le retour d'expérience de la CNR, on apprend que le volume arraché en 2024 dans l'ensemble du contre-canal, pas seulement notre zone d'étude, s'élève à 4 010 m³. En comparant avec notre approximation, on constate qu'il s'agit seulement de 7,5 fois le volume estimé. En effet, l'extraction coûte très cher, l'arrachage se fait prioritairement dans les zones où la laitue d'eau est une contrainte, par exemple, au niveau des ouvrages bloquants.

La modélisation est un outil permettant de faire des scénarios de gestion afin de l'optimiser. Pour cela, on constate que le volume de *Pistia stratiotes* a augmenté exponentiellement après le mois de juin. Cette période correspond également à la période d'apparition des fleurs de laitue d'eau. Afin de limiter le volume à arracher et de la propagation de graines, une simulation d'arrachage en juin semble être une bonne option. On modélise donc trois scénarios d'arrachage démarrant en juin :

- 1 arrachage en juin
- 2 arrachages en juin et juillet
- 3 arrachages en juin, juillet et août

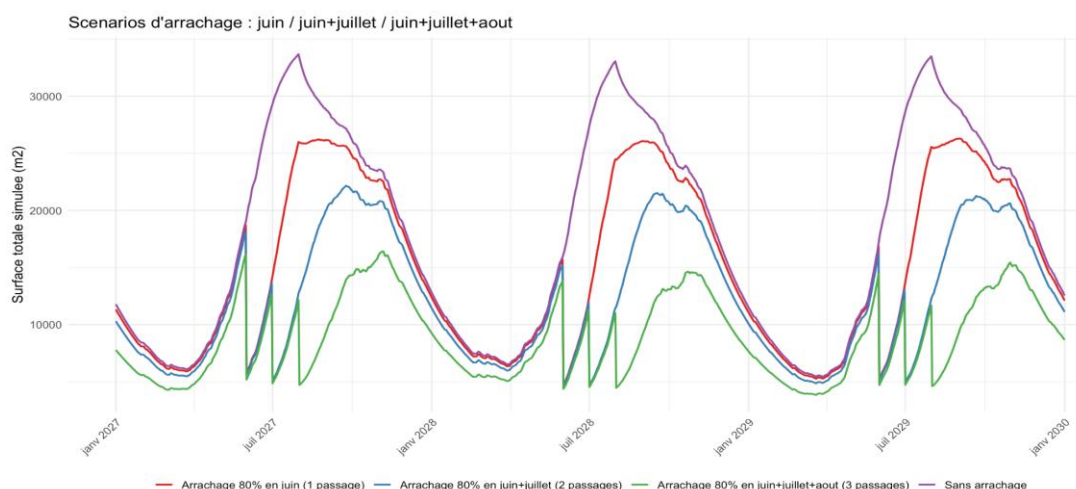


Figure 38: Modélisation des trois scénarios d'arrachage

Les scénarios mettent bien en évidence qu'en augmentant le nombre de passages d'arrachage, le pic estival diminue. Sans arrachage, on atteint les 33 000 m² alors qu'avec trois passages on réduit la surface à environ 15 000 m².

IV. Discussion

Les résultats obtenus au cours de cette étude permettent de revenir sur la problématique posée en éclairant les mécanismes qui régissent la prolifération de *Pistia stratiotes* dans le Gard. Cette discussion aborde dans un premier temps le rôle des facteurs abiotiques dans la dynamique d'invasion, avant de s'intéresser aux interactions biotiques et à leurs conséquences sur la biodiversité du milieu. La place de la reproduction dans l'expansion de la laitue d'eau est ensuite analysée, avant de conclure sur les apports et les limites de la modélisation pour orienter les méthodes de gestion futures du contre-canal.

1. Dynamique d'invasion et rôle des facteurs abiotiques

La pose des sondes de mesure d'oxygène, de température et de luminosité, s'est révélée être une organisation complexe qui a pu entacher les résultats. Tout d'abord, de nombreux pêcheurs curieux ont sorti les sondes de l'eau ce qui a conduit à la perte de certaines périodes de données. De plus, l'accumulation des macrophytes autour des bouées en chenal a nécessité une maintenance régulière et a pu avoir un impact sur les données. En effet, on constate avec les données de luminosité que sur de nombreuses périodes le capteur était obstrué par un tapis autour de la bouée. Malgré un entretien toutes les deux semaines, ce tapis temporaire a pu exercer une influence sur l'oxygène dissous et sur la température mesurée en dessous. Cette valeur étant le témoin et la comparaison des sondes sous *Pistia stratiotes*, l'impact a pu être sous-estimé. Cependant, durant deux ans, deux sondes à pas de temps horaires ont été installées hors et sous la laitue d'eau. Il s'agit d'une expérience qui a permis d'obtenir des données nouvelles et donc particulièrement intéressantes. En effet, la majorité des études sur *Pistia stratiotes* et notamment sur les données physico-chimiques, ont été réalisées sur des lacs ou des plans d'eau. Il existe très peu de données pour ce type d'invasion dans un cours d'eau avec un débit continu.

La différence thermique de 0,17°C est mesurable mais tellement infime qu'elle n'a peut-être pas d'impact sur la biodiversité du milieu. L'oxygène dissous dans le contre-canal, diminue fortement même dans la zone témoin, révélant un milieu déjà en hypoxie qui est aggravé sous le tapis de laitue d'eau. Avec la hausse des températures subie en 2026 et qui auront tendance à s'aggraver, on peut prévoir une diminution importante du taux d'oxygène dans ce milieu. En faisant le lien avec le scénario du GIEC, la surface colonisée va augmenter sur le contre-canal accélérant ce processus. Le dérèglement de ce paramètre est la première étape d'une réaction en cascade qui s'accompagnera d'une augmentation des températures, d'une accélération du processus de décomposition puis d'une augmentation des nutriments qui pourrait tendre vers une eutrophisation du milieu. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est difficile de déceler un début d'eutrophisation, l'apport en eau en continu du contre-canal empêche ce phénomène. Ces résultats dessinent une boucle de rétroaction : la température favorise la croissance du tapis, qui en retour bloque la lumière et l'oxygène, dégradant un milieu déjà en tension. On a ici l'exemple d'un mécanisme qui s'auto-entretient et s'accélérera avec le réchauffement projeté par le GIEC.

2. Interactions biotiques et impacts sur la biodiversité

Le protocole mis en place pour le suivi floristique depuis trois ans permet d'analyser les surfaces de recouvrement. Dans notre étude, on se place dans un milieu aquatique où la flore peut se développer sur différents niveaux. Ainsi, la méthode de Braun-Blanquet n'était pas la plus adaptée, puisqu'elle ne

prenait pas en compte les hydrophytes immergés qui pouvaient être parfois recouvertes d'espèces flottantes comme *Pistia stratiotes* ou encore la lentille d'eau. Essayant d'intégrer l'ensemble des végétaux, le total des surfaces de recouvrement dépasse souvent les 100%. De plus, ce protocole s'est répété trois ans avec des opérateurs différents, le biais observateur est donc à prendre en compte. En effet, en fonction de la connaissance floristique de chaque opérateur et de l'estimation des surfaces les résultats peuvent être biaisés. Cela se remarque notamment, avec les différences de présence entre l'élodée du Canada et l'égérie dense qui sont deux plantes qui peuvent facilement être confondus. Malgré ces limites, ce suivi reste l'un des plus complets réalisés sur cette invasion, avec 33 espèces recensées sur 22 transects répartis sur les trois années d'étude.

L'analyse de l'interaction entre la laitue d'eau et la jussie à grande fleur s'est différenciée en 2026. L'année dernière l'étude avait tenté d'être faite par cartographie. En continuant cette année, on s'est heurté à quelques problématiques suivantes. En effet, les deux plantes étant différentes par leurs structures, une flottante et une enracinée, les patchs pouvaient être remplis des deux espèces en proportions fluctuantes. Cela rendait la cartographie compliquée à l'échelle de toute la zone d'étude. Il a donc été choisi cette année de faire cette analyse avec les données de l'inventaire floristique.

Pour l'analyse de l'évolution floristique, on a utilisé les indices de biodiversité. Une notation par IBMR (Indice Biologique Macrophytes en Rivière) a aussi été envisagée, cependant elle ne permet pas de prendre en compte les nombreuses PEE présentes sur le contre-canal, rendant ainsi peu robuste une qualité biologique obtenue en ignorant les espèces majoritaires du cours d'eau. Les indices de biodiversité calculés ne montrent pourtant pas de baisse nette associée à la progression de *Pistia stratiotes*, l'année 2024 présentant même les valeurs les plus faibles alors qu'elle n'est pas l'année la plus colonisée. Ce résultat suggère que ces indices, mesurés à l'échelle du quadrat, sont peu sensibles à la dominance progressive d'une espèce. Un milieu peut en effet rester statistiquement diversifié même si la laitue d'eau y devient l'espèce dominante, notamment via son influence sur la lumière et l'oxygène mis en évidence dans le premier axe.

Concernant l'impact sur la faune, la Fédération de pêche a investi dans une pêche électrique en 2025, une analyse d'ADNe en 2026 et dans une étude sur les macroinvertébrés en 2025. Cependant l'ensemble de ces études ont été réalisé dans le contre-canal sans faire de distinction entre les zones envahies densément par la laitue d'eau. Ces analyses donnent un état des lieux des espèces présentes dans une zone envahie par la laitue d'eau. En l'absence de référence ou de cloisonnement de la zone d'étude, ces résultats sont donc peu exploitables dans une étude sur l'impact de la laitue d'eau.

Cet axe met donc en évidence un contraste. La structure floristique globale du contre-canal ne semble pas déstabilisée par l'invasion, alors que les altérations physico-chimiques qu'elle engendre laissent supposer un impact plus marqué sur la faune que sur la flore, une hypothèse que seule une étude faunistique plus aboutie pourra confirmer.

3. Le rôle de la reproduction dans l'expansion de la laitue d'eau

Cette année, l'étude a permis de mettre en évidence la viabilité des graines du contre-canal. C'est la première fois que la capacité de germination de la population gardoise a été démontrée. C'est une nouvelle puisqu'avant cela, personne n'avait fait germer de graines prélevées dans l'écosystème français.

Les expériences ont eu lieu dans les locaux de la fédération de pêche dans une serre où la température n'était pas contrôlée. Ainsi, il s'est révélé difficile de mettre en avant l'effet de la température sur la germination. De plus, l'espace restreint a empêché la réalisation de plusieurs réplicats, ne donnant pas des résultats statistiquement robustes. La différence de mode de conservation n'a donc pas pu être mise clairement en évidence. Pour améliorer et affiner ces résultats, il faudrait conserver ce protocole

mais ajouter des réplicats et réaliser ces manips dans un environnement où la température peut être contrôlée.

Concernant l'étude sur la biomasse, les quadrats collectés mensuellement ont été réalisés sans aucun réplicat. Cette unique mesure à un point précis du contre-canal ne permet pas de se rendre compte de la diversité des tapis le long du contre canal. En effet, le quadrat est pris au niveau d'un ouvrage bloquant ce qui augmente le taux de compaction de *Pistia stratiotes*, ainsi que la densité et la biomasse de cette dernière. Afin d'estimer le taux de compaction de nos prélèvements, on peut approximer la surface totale occupée par tous les plants. Si on considère que toutes les rosettes sont sphériques et qu'on a la moyenne de diamètre de chaque catégorie de stolons, on peut estimer la surface de tous les plants sans compaction. On obtient le tableau suivant mettant bien en évidence la croissance de cette compaction lors de la croissance de la laitue d'eau.

Tableau 5: Estimation du taux de compaction du quadrat de 1 m² par mois

Mois	Taux de compaction
Avril	2,13
Mai	5,02
Juin	8,08
Juillet	6,88
Août	9,26

De plus, en juillet, un quadrat de 1 m² avait été prélevé en amont du front de colonisation pour comparer, et il pesait environ 9 kg, alors que celui de l'étude s'élevait à plus de 33kg. Cela met en lumière un gradient de croissance sur le front de colonisation mais également une hétérogénéité qui n'est pas prise en compte dans l'étude. Ces premiers résultats sont particulièrement intéressants mais nécessitent d'être complétés en ajoutant des réplicats sur différents tapis de *Pistia stratiotes*. Ces compléments d'informations pourraient mettre en avant un gradient de croissance et ajuster les résultats en fonction du taux de compaction.

Pour conclure, on constate que la floraison commence en juin, juste avant l'explosion de biomasse estivale. Ainsi, pour optimiser une gestion et limiter les différents types de reproduction, tout indique qu'une intervention avant juin limiterait à la fois la croissance végétative et la constitution d'un stock de graines pour l'année suivante.

4. Modélisation et analyse des prédictions pour conseiller sur les méthodes de gestion

La modélisation a été réalisée avec un facteur de croissance r fixe. Ce facteur ne prend pas en compte l'influence de la température ni la différence des modes de reproductions. En continuant l'étude et en réalisant des relevés de surfaces plus fréquemment, en fonction de la température, on pourrait ajuster r pour qu'il évolue en fonction de la température. De plus, il est difficile d'estimer quelle est la part de la reproduction sexuée et celle de la reproduction asexuée. Ainsi, lorsque l'arrachage se fait en juin avant la prolifération des graines, la modélisation ne prend pas en compte l'impact de cette action sur la croissance de l'année suivante avec une potentielle baisse du stock de graines. De plus le facteur obtenu ne reproduit pas la croissance identiquement à ce qui se passe dans la zone d'étude puisque le modèle sous-estime la croissance de *Pistia stratiotes*. En effet, malgré les années 2024 et surtout 2026 et leurs surfaces colonisées importantes, l'année 2025 ayant des résultats beaucoup plus bas, baisse le taux de croissance.

Lorsqu'on construit un modèle, on cherche à simplifier des phénomènes biologiques complexes, pour cela nos choix influencent la qualité du modèle. Dans cette étude, le modèle ne prend pas en compte d'autres paramètres que la température. Or d'autres facteurs comme le vent, exercent une influence sur la répartition de la laitue d'eau sur la zone d'étude mais également sur sa dispersion. Le vent augmente la quantité de macrophyte entrant et sortant de la zone d'étude et diminue les surfaces colonisées après un orage, comme constaté en mars 2024. Malgré les tentatives de l'intégrer au modèle, le peu d'exemples d'évènements de cette ampleur sur les trois dernières années et l'effet cumulé de plusieurs facteurs, n'ont pas rendu possible l'ajout du facteur vent au modèle. Un autre choix exerçant une grande influence sur le modèle c'est le taux d'arrachage, qui est très ambitieux. Un arrachage à 80% est un objectif très compliqué à obtenir dans la réalité du terrain.

Toutefois, même si les valeurs absolues du modèle restent approximatives, la comparaison entre scénarios de gestion demeure robuste et directement exploitable par la CNR pour ajuster leurs fréquences d'arrachage.

D'autres techniques de luttas contre la laitue d'eau ont été utilisées à travers le monde. La laitue d'eau n'a pas d'ennemi naturel en Europe. Toutefois, il existe un charançon qui est un prédateur naturel de la laitue d'eau : *Neohydronomus affinis*. Ce prédateur a déjà été utilisé dans certaines régions du monde afin de faire du biocontrôle et est considéré comme le moyen le plus efficace de lutter contre cette espèce (Louda et al., 2003). Néanmoins, l'utilisation d'organismes extérieurs peut avoir de grandes conséquences sur la biodiversité et l'espèce peut se révéler invasive et destructrice dans le nouvel environnement (Hill, 2003).

5. Une communication pour sensibiliser aux enjeux de la laitue d'eau

Cette étude s'accompagne aussi d'un volet communication. En interne, la Fédération de pêche du Gard relaie les résultats chaque année depuis 2023. Elle publie une newsletter et des posts sur les réseaux sociaux. Elle a aussi organisé une journée de sensibilisation comme en juillet 2025 et diffusé un dépliant de prévention aux usagers locaux. (Annexe XII) Une plaquette scientifique de communication va être diffusion d'ici fin 2026 sur les réseaux de la Fédération de pêche du Gard. (Annexe XIII)

En externe, ce travail a donné lieu à deux articles pour le Centre de Ressources des Espèces Exotiques Envahissantes en partenariat avec Alain Dutartre et Romain Brusson. Il a aussi fait l'objet d'une newsletter du Plan Rhône Saône fin de l'année 2025. Cette valorisation est essentielle pour interpeller sur la problématique de la laitue d'eau. Les pêcheurs sont les seuls usagers réguliers du milieu. La Fédération de pêche est donc le meilleur vecteur pour alerter sur ce phénomène et diffuser les bons gestes de biosécurité.

Conclusion

Cette troisième et dernière année d'étude clôture un suivi de trois ans mené par la Fédération de pêche du Gard sur l'invasion du contre-canal du Rhône par *Pistia stratiotes*.

Les résultats montrent que la prolifération de *Pistia stratiotes* s'inscrit dans une boucle de rétroaction thermique. La chaleur favorise la croissance du tapis, qui en retour dégrade l'oxygénation et la luminosité du milieu. Ce mécanisme est amené à s'intensifier comme en 2026 avec le dérèglement climatique. L'étude floristique démontre que l'impact sur la structure floristique du contre-canal reste limité. La reproduction de la laitue d'eau indique qu'une intervention avant la floraison de juin limiterait à la fois sa croissance végétative estivale et la constitution d'un stock de graines. Enfin, les scénarios de modélisation développés à l'aide des trois années de données permettent de comparer différents scénarios de gestion et confirment qu'augmenter la fréquence des arrachages réduit les surfaces colonisées en été.

Cette étude a également permis d'obtenir des données sur la viabilité des graines et la dynamique des stolons pour la première fois pour une population de laitue d'eau en France. Elle a aussi permis de mieux comprendre son développement dans un milieu à faible débit. Cette première approche ouvre des pistes pour des études complémentaires pour approfondir l'origine de son arrivée et identifier les vecteurs de propagations.

Cette invasion, combinée à celle de la Jussie, rend la pêche de plus en plus impossible sur le contre-canal. Cette zone était pourtant historiquement un secteur important de pêche au carnassier, fréquenté par de nombreux pêcheurs. Depuis une dizaine d'années, la Fédération de pêche observe une baisse continue de leur nombre. Les alevinages dans ce secteur ont même été arrêtés à cause de la prolifération de la laitue d'eau.

Ce rapport marque la fin de cette étude pour la Fédération de pêche du Gard, mais le début d'autres actions. Ce bilan permet d'interpeller tous les usagers du contre-canal et de les alerter sur ce phénomène. Elle a ouvert la voie à de nouvelles collaborations, avec un futur projet de veille envisagé avec l'EPTB Gardons et un renforcement des liens avec la CNR. Cette approche plus floristique a également fait émerger des questions sur le lien entre faune et flore, et ouvre la possibilité d'études futures sur différents types d'herbiers. Ce rapport servira de support à un article du Centre de Ressources des Espèces Exotiques Envahissantes dans le courant de l'année pour informer sur ce site qui est unique en France. Les résultats mettent en avant l'impact de la laitue d'eau sur le milieu et encouragent aux gestes de biosécurité. Les pêcheurs étant les seuls usagers de ce milieu, la Fédération de pêche est le meilleur vecteur de sensibilisation pour éviter que l'exemple du contre-canal rive droite ne devienne une généralité sur les cours d'eau gardois.

Bibliographie

Buzgo, M. (1994). Inflorescence development of *Pistia stratiotes* (Araceae). *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 115, 557-570.

Carpenter, S. R., & Lodge, D. M. (1986). Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquatic Botany*, 26, 341-370.

Centre de ressources espèces exotiques envahissantes. (2026). Centre de ressources espèces exotiques envahissantes. <https://especes-exotiques-envahissantes.fr/centre-de-ressources-especes-exotiques-envahissantes/>

Clayton, J., & Champion, P. (2006). Risk assessment method for submerged weeds in New Zealand hydroelectric lakes. Dans *Macrophytes in Aquatic Ecosystems: From Biology to Management: Proceedings of the 11th International Symposium on Aquatic Weeds*, European Weed Research Society (p. 183-188). Springer.

Comité français de l'UICN. (2015). Synthèse des assises nationales « Espèces exotiques envahissantes : vers un renforcement des stratégies d'action ». UICN France. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2015/11/Synthese_assises_nationales_EEE_2014.pdf

Dewald, L. B., & Lounibos, L. P. (1990). Seasonal growth of *Pistia stratiotes* L. in south Florida. *Aquatic Botany*.

Direction de l'eau et de la biodiversité. (2023, décembre). Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales, 2023, 4e cycle. Eaufrance. <https://www.eaufrance.fr/publications/guide-relatif-levaluation-de-letat-des-eaux-de-surface-continentales-2023-4e-cycle>

DREAL Auvergne-Rhône-Alpes. (2025). Perla [outil d'identification des macroinvertébrés d'eau douce]. <https://www.perla.developpement-durable.gouv.fr/>

Drissi El Bouzaidi, R. (2021). *Pistia stratiotes* L. (La salade d'eau douce) [fiche technique]. ONSSA. <https://www.onssa.gov.ma/wp-content/uploads/2021/11/fiche-technique-pistia-stratiotes.pdf>

Dutartre, A. (2025a). Des nouvelles de la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) dans l'hexagone ? CDR-EEE. <https://especes-exotiques-envahissantes.fr/des-nouvelles-de-la-laitue-deau-pistia-stratiotes-dans-lhexagone/>

Dutartre, A. (2025b, 25 février). Étude de cas d'une implantation pérenne de la Laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) dans l'hexagone. CDR-EEE. <https://especes-exotiques-envahissantes.fr/etude-cas-implantation-perenne-laitue-eau-pistia-stratiotes-hexagone/>

EPPO. (2017). *Pistia stratiotes* L. EPPO Bulletin. <https://doi.org/10.1111/epp.12429>

EPPO. (s. d.). *Pistia stratiotes* (PIIST). EPPO Global Database. <https://qbank.eppo.int/plants/taxon/PIIST/>

Evans, J. M. (2013). *Pistia stratiotes* L. in the Florida Peninsula: Biogeographic evidence and conservation implications of native tenure for an « invasive » aquatic plant. *Conservation and Society*, 11(3).

FDAAPPMA 30. (2024). Étude du caractère envahissant de la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) sur le contre-canal du Rhône, rive droite.

FDAAPPMA 30. (2025). Étude du caractère envahissant de la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) sur le contre-canal du Rhône, rive droite.

GBIF Secretariat. (s. d.). *Pistia stratiotes* L. GBIF Backbone Taxonomy. <https://doi.org/10.15468/39omei>. Consulté le 25 août 2026 via <https://www.gbif.org/taxon/4J9VH>

Hesse, P. R. (1957). The distribution of sulphur in the muds, water and vegetation of Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 11, 29-39. <https://doi.org/10.1007/BF00021006>

Hill, M. P. (2003). The impact and control of alien aquatic vegetation in South African aquatic ecosystems. *African Journal of Aquatic Science*, 28(1), 19-24.

Hussner, A., Heidbuechel, P., & Heiligt, S. (2014). Vegetative overwintering and viable seed production explain the establishment of invasive *Pistia stratiotes* in the thermally abnormal Erft River (North Rhine-Westphalia, Germany). *Aquatic Botany*, 119, 28-32.

Infoclimat. (2026). Climatologie de l'année 2026 à Pujaut. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2026/pujaut/valeurs/MF30209002.html>

Keith, P., Persat, H., Feunteun, E., & Allardi, J. (dir.). (2011). Les poissons d'eau douce de France. Biotopie Éditions ; Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle.

Louda, S. M., Pemberton, R. W., Johnson, M. T., & Follett, P. A. (2003). Nontarget effects — The Achilles' heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. *Annual Review of Entomology*, 48(1), 365-396.

Lu, Q., He, Z. L., Graetz, D. A., Stoffella, P. J., & Yang, X. (2010). Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(1), 84-96.

MacIsaac, H. J., Eyraud, A. P., Beric, B., & Ghabooli, S. (2016). Can tropical macrophytes establish in the Laurentian Great Lakes? *Hydrobiologia*, 767(1), 165-174.

Meddour, R. (s. d.). La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanquet-Tüxenienne. *Tela Botanica*. https://www.tela-botanica.org/page:methode_phytosociologique_sigmatiste

Météo-France. (2025). 2024 : les bilans climatiques. <https://meteofrance.fr/actualite/publications/2024-les-bilans-climatiques>

Météo-France. (2026a). 2025 : les bilans climatiques. <https://meteofrance.fr/actualite/publications/2025-les-bilans-climatiques>

Météo-France. (2026b). Bilan climatique : juillet 2026 est le mois le plus chaud et un des plus secs jamais enregistré en France. <https://meteofrance.com/presse/bilan-climatique-juillet-2026-est-le-mois-le-plus-chaud-et-un-des-plus-secs>

Milićević, D. B. et al. (2023). Modeling the growth dynamics of water lettuce, *Pistia stratiotes* L. in wastewater. *Archives of Biological Sciences*.

Newman, J. R., & Dawson, F. H. (1999). Ecology, distribution and chemical control of *Hydrocotyle ranunculoides* in the U.K. Dans J. Caffrey, P. R. F. Barrett, M. T. Ferreira, I. S. Moreira, K. J. Murphy, & P. M. Wade (dir.), *Biology, Ecology and Management of Aquatic Plants: Proceedings of the 10th International Symposium on Aquatic Weeds*, European Weed Research Society (p. 389-392). Kluwer Academic Publishers.

Office français de la biodiversité. (2018). Les espèces exotiques envahissantes. <https://ofb.gouv.fr/les-especes-exotiques-envahissantes>

Onema. (2012). Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. <https://ofb.gouv.fr/doc/guide-pratique-de-mise-en-oeuvre-des-operations-de-peche-a-electricite-dans-le-cadre-des>

Pelella, E., Questino, B., Luzi, B., Mariani, F., & Ceschin, S. (2023). Impact of the invasive alien macrophyte *Ludwigia hexapetala* on freshwater ecosystems: Evidence from field data. *Biology*, 12(6), 794.

Préfecture du Finistère. (2019). Les BCAE (Bonnes conditions agricoles et environnementales). <https://www.finistere.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Agriculture-foret-et-developpement-rural/Coordination-des-contrôles/La-conditionnalité-des-aides/Les-BCAE-Bonnes-Conditions-Agricoles-et-Environnementales>

Règlement d'exécution (UE) 2016/1141 de la Commission du 13 juillet 2016 adoptant une liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes pour l'Union conformément au règlement (UE) n° 1143/2014 du Parlement européen et du Conseil. (2016). JO L 189 du 14.7.2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32016R1141>

Šajna, N., Haler, M., Škornik, S., & Kaligarič, M. (2007). Survival and expansion of *Pistia stratiotes* L. in a thermal stream in Slovenia. *Aquatic Botany*.

SPYGEN. (s. d.). Guide d'utilisation de l'ADN environnemental. <https://www.spygen.com/wp-content/uploads/2026/01/freshwater-guide-french-version.pdf>

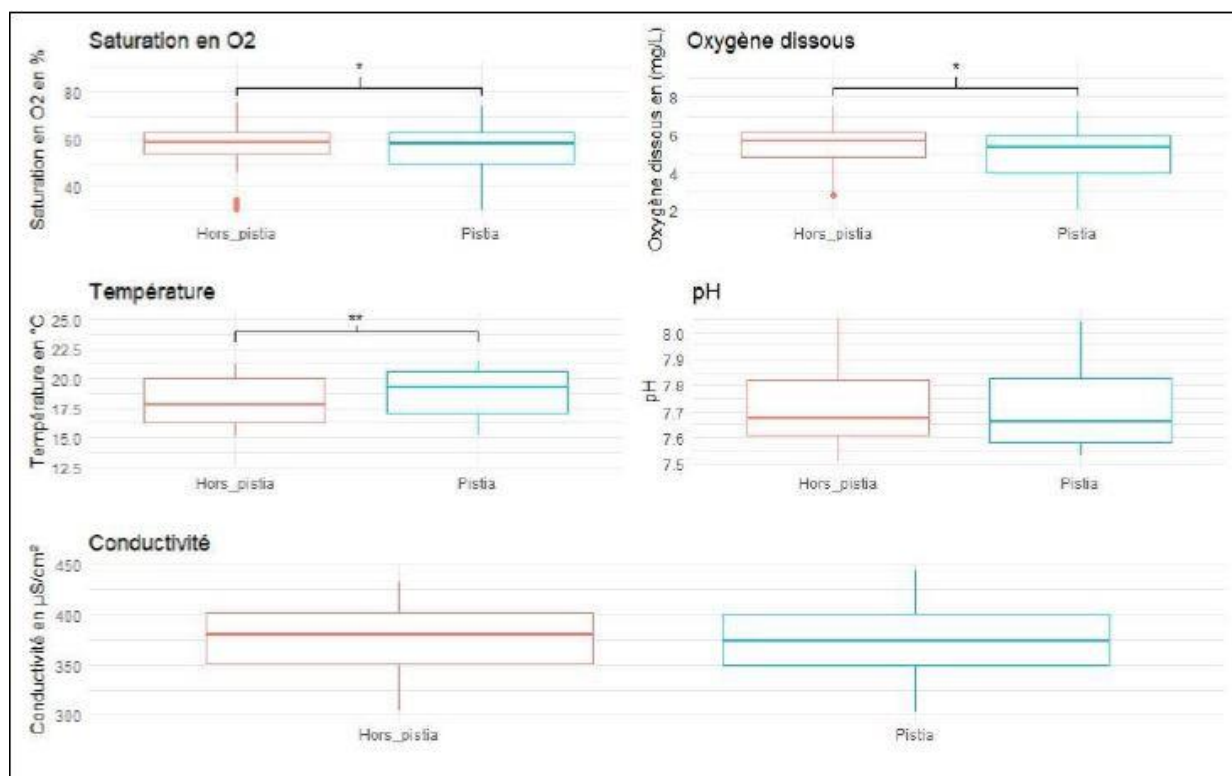
Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS Éditions.

Velard, C. (1998, 31 août). La laitue d'eau : *Pistia stratiotes* L. — Synthèse bibliographique. Cemagref, Groupement de Bordeaux. <https://www.especes-exotiques-envahissantes.fr/wp-content/uploads/2016/10/PISTIA-SYNTHESE-BIBLIO-VELARD-1998.pdf>

Annexes

- **Annexe I** : Résultats des mesures physico-chimiques (pH, conductivité, saturation en O₂, température et oxygène dissous) sous et hors *Pistia stratiotes*, en 2024 (FDAAPPMA, 2024)
- **Annexe II** : Coefficients de Braun-Blanquet (Foucault, 1980)
- **Annexe III** : Liste des espèces recensées dans les quadrats et évolution de leur présence/absence (2024-2026) (FDAAPPMA)
- **Annexe IV** : Évolution mensuelle des prises de vue aérienne (FDAAPPMA)
- **Annexe V** : Graphique de l'oxygène dissous sous et hors *Pistia stratiotes* sur les deux années (2025-2026)
- **Annexe VI** : Cartographie de l'évolution des surfaces colonisées pour les tronçons T1, T3 et T4 (2024-2026)
- **Annexe VII** : Comparaison annuelle des indices de biodiversité (richesse spécifique, Shannon, Simpson, équitabilité de Piélou)
- **Annexe VIII** : Analyse NMDS de la composition floristique (2024-2026)
- **Annexe IX** : Analyse mensuelle des indices de biodiversité
- **Annexe X** : Température mesurée sous serre pour les deux expériences de germination
- **Annexe XI** : Météorologie des trois années de l'étude
- **Annexe XII** : Brochure de sensibilisation
- **Annexe XIII** : Plaquette scientifique de communication

Annexe I



Annexe II

Tableau 2. Comparaison et correspondances entre les coefficients d'abondance-dominance (AD) et les valeurs de recouvrements moyens (R%) selon divers auteurs

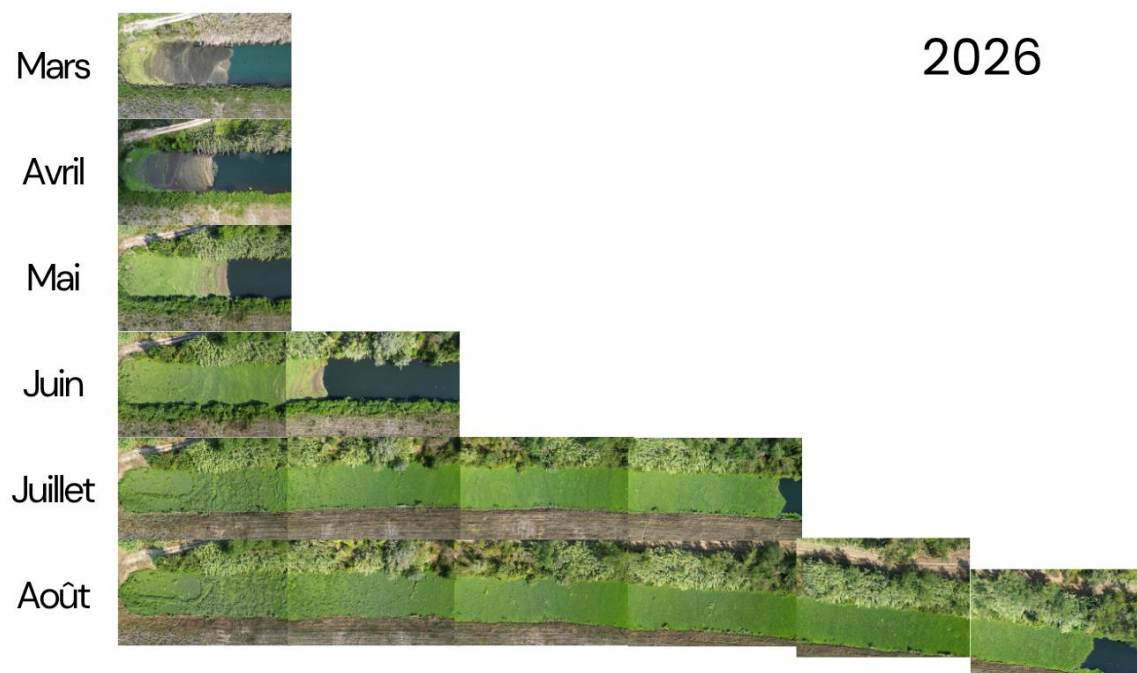
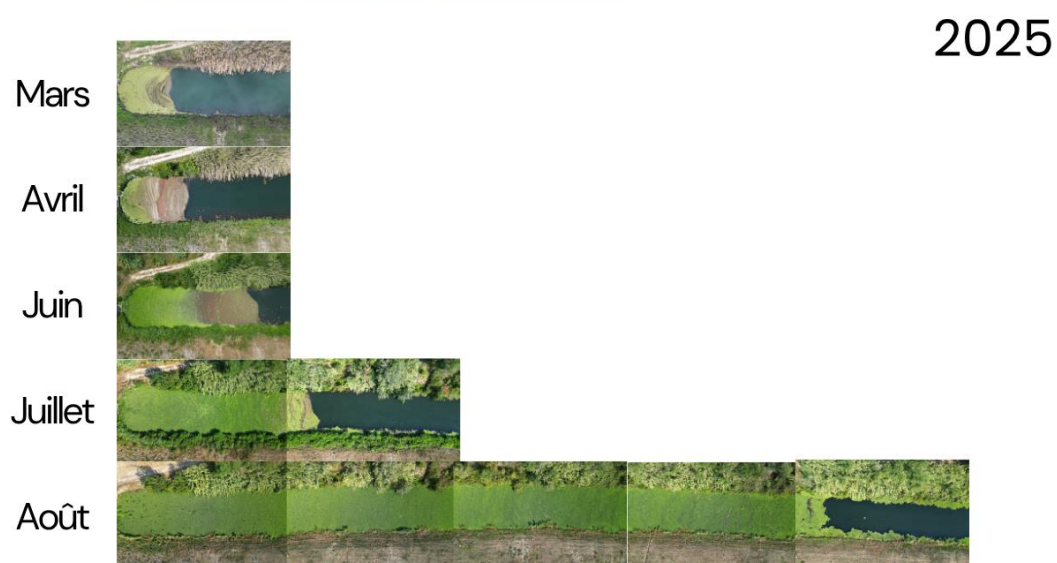
Braun-Blanquet (1964)		Gounot (1969)	Baudière & Serve (1975)	De Foucault (1980)	Dufrêne (1998, 2003)	Gillet (2000)
AD	Classe de R %	R % moyen (= médiane des classes en général)				
5	75-100	87.5	87.5	87.5	87.5	90
4	50-75	62.5	62.5	62.5	62.5	57
3	25-50	37.5	37.5	37.5	37.5	32
2	5-25	17.5	15	15	15	14
1	1-5	5	2.5	3	2.5	3
+	< 1	0.1	0.5	0.5	0.2	0.3
r					0.1	0.03

Annexe III

Nom latin	Nom commun	2024	2025	2026	EEE
<i>Azolla filiculoides</i>	Azolle fausse fougère	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Amorpha fruticosa</i>	Amorphe buissonnante	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Berula erecta</i>	Berle dressée	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Carex sp</i>	Laîche sp	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Callitriche spp</i>	Callitriche	Non	Non	Oui	Non
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cératophylle nageant	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Egeria densa</i>	Égérie dense	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Elodea canadensis</i>	Élodée du Canada	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Gallium palustre</i>	Caillet des marais	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Helosciadium nodiflorum</i>	Ache nodiflore	Oui	Oui	Non	Non
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	Écuelle d'eau	Non	Non	Oui	Non
<i>Iris pseudocarus</i>	Iris des marais	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Lemna minor</i>	Lentille d'eau mineure	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Ludwigia grandiflora</i>	Jussie à grande fleur	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Lycopus europaeus</i>	Lycophe d'Europe	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Lythrum salicaria</i>	Salicaire commune	Oui	Non	Oui	Non
<i>Myosotis scorpioides</i>	Myosotis faux scorpion	Oui	Non	Oui	Non
<i>Mentha aquatica</i>	Menthe aquatique	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Myriophylle du Brésil	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Myriophylle en épis	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Najas marina</i>	Grande naïade	Non	Oui	Non	Non
<i>Nasturtium officinale</i>	Cresson des fontaines	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Pistia stratiotes</i>	Laitue d'eau	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Persicaria hydropiper</i>	Persicaire poivre d'eau	Oui	Oui	Non	Non
<i>Potamogeton crispus</i>	Potamot crépus	Non	Oui	Oui	Non
<i>Potamogeton nodosus</i>	Potamot noeux	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Ranunculus peltatus</i>	Renoncule peltée	Non	Oui	Oui	Non
<i>Sparganium erectum</i>	Rubaner d'eau douce	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Spirodèle à racines nombreuses	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Stuckenia pectinata</i>	Potamot pectiné	Non	Oui	Oui	Non
<i>Vallisneria spiralis</i>	Vallisnérie spiralée	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Veronica beccabunga</i>	Véronique des ruisseaux	Oui	Oui	Oui	Non
<i>Veronica anagalis aquatica</i>	Véronique mouron-d'eau	Non	Oui	Oui	Non

Tronçon 1			
	2024	2025	2026
Mars			
Avril			
Mai			
Juin			
Juillet			
Août			

Tronçon 2



Tronçon 3

Mai



Juin



Août



2024

Mars



Avril



Juin



Juillet



Août



2025

Mars



Avril



Mai



Juin



Juillet



Août



2026



Tronçon 4

2024

2025

2026

Mars



Avril



Mai



Juin



Juillet



Août



Seuil Gardon

2024

2025

2026

Mars



Avril



Mai



Juin



Juillet



Août



Seuil Gardon

2026

Avril



Mai



Juin



Juillet



Août



Confluence Gardon et Briançon

2024

2025

2026

Mars



Avril



Mai



Juin



Juillet



Août

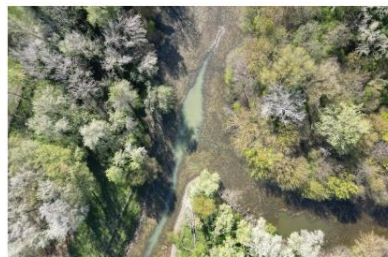


Gardon / Briançon

2025

2026

Mars



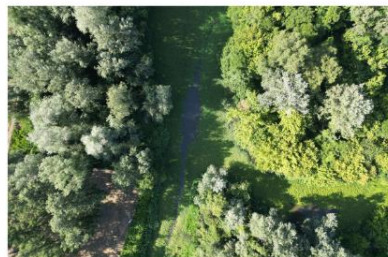
Avril



Mai



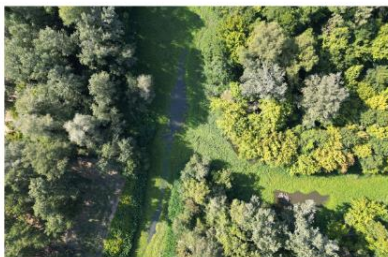
Juin



Juillet

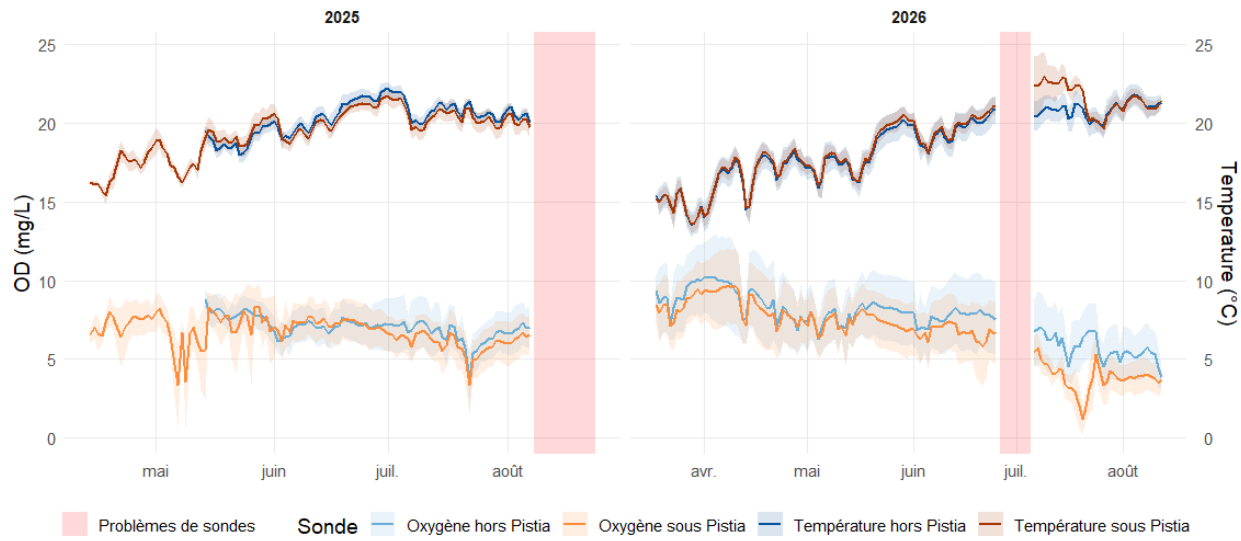


Août



Annexe V

Comparaison de la température et de l'oxygène dissous sous et hors Pistia, moyenne et écart-type





Evolution des surfaces de Pistia stratiotes en T1 entre 2024 et 2026

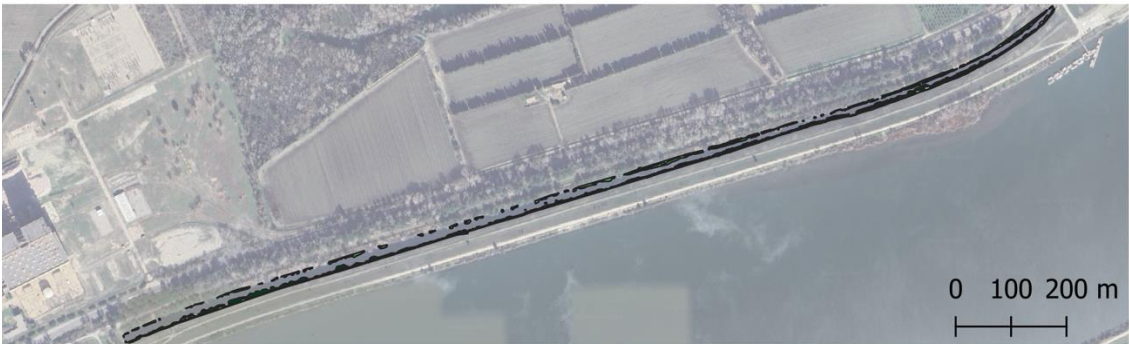
Autrice: Capucine Steffann
Source: Google Maps
Date 14/08/2026

@FDAAPPM30

2024

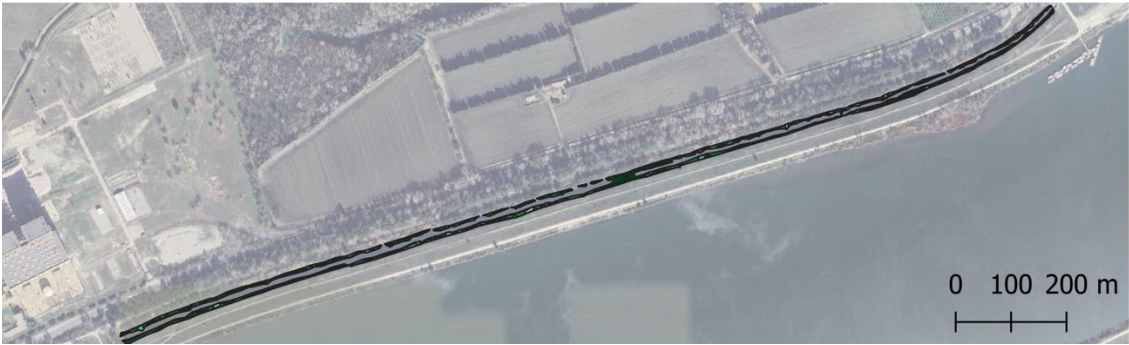


2025



- Mars
- Avril
- Mai
- Juin
- Juillet
- Août

2026





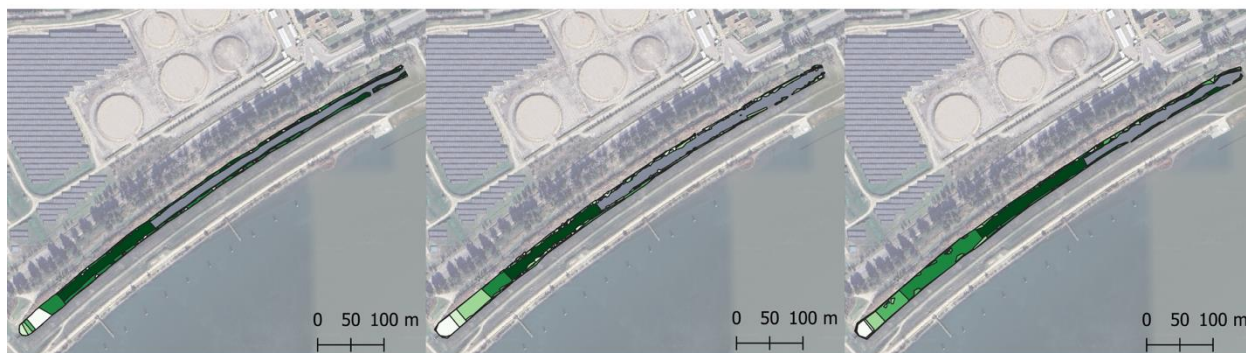
Evolution des surfaces de Pistia stratiotes en T2 entre 2024 et 2026

Autrice: Capucine Steffann
Source: Google Maps
Date 14/08/2026

2024

2025

2026



□ Mars □ Avril □ Mai □ Juin □ Juillet □ Août

@FDAAPPMA30



Evolution des surfaces de Pistia stratiotes en T3 entre 2024 et 2026

Autrice: Capucine Steffann
Source: Google Maps
Date 14/08/2026

2024

2025

2026



□ Mars □ Avril □ Mai □ Juin □ Juillet □ Août

@FDAAPPMA30



Evolution des surfaces de Pistia stratiotes en T3 entre 2024 et 2026

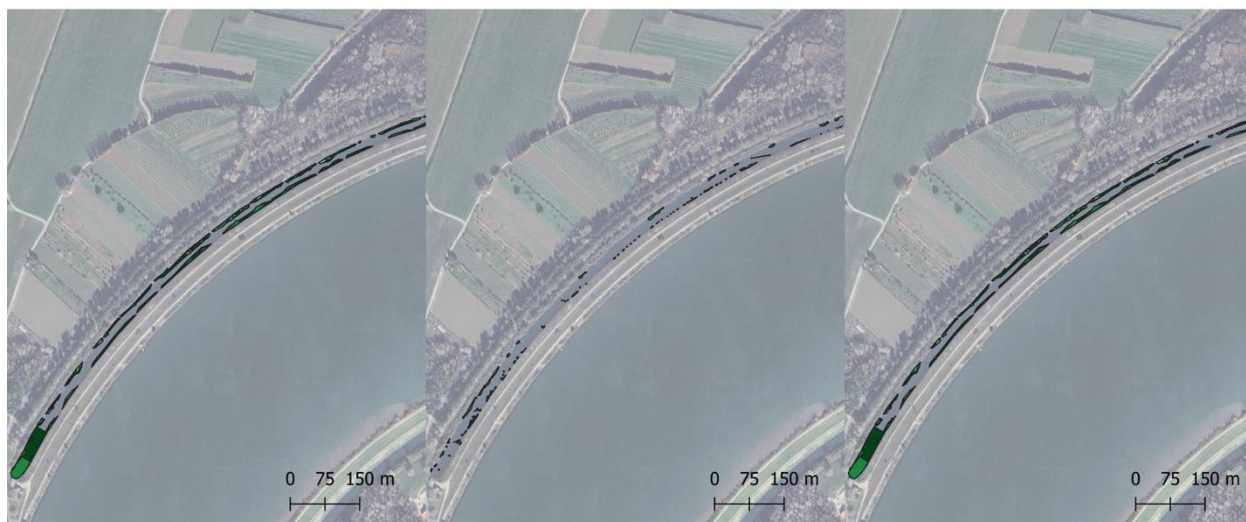
Autrice: Capucine Steffann
Source: Google Maps
Date 14/08/2026

2024

2026

2025

2026



□ Mars □ Avril □ Mai □ Juin □ Juillet □ Août

@FDAAPPMA30



Evolution des surfaces de Pistia stratiotes en T4 entre 2024 et 2026

Autrice: Capucine Steffann
Source: Google Maps
Date 14/08/2026

2024

2025

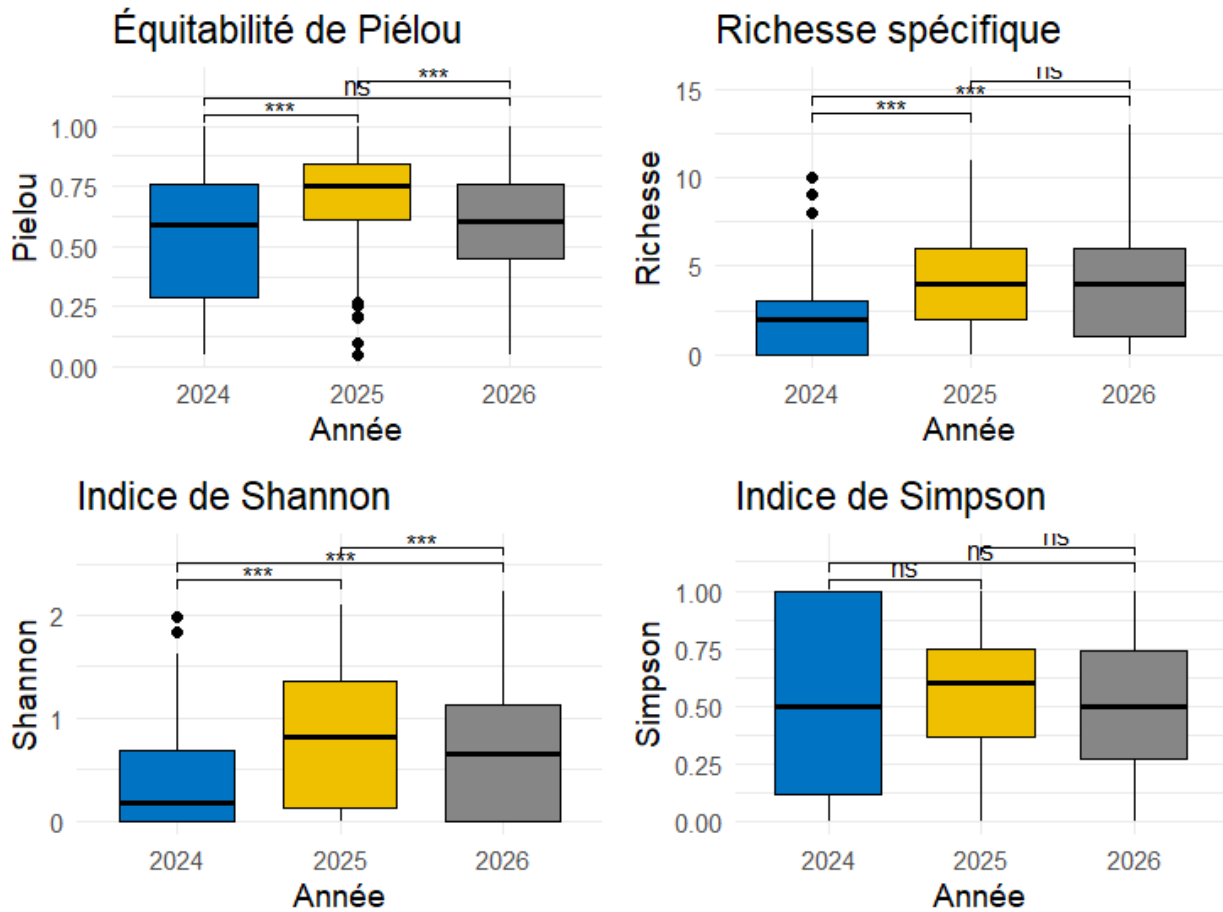
2026



□ Mars □ Avril □ Mai □ Juin □ Juillet □ Août

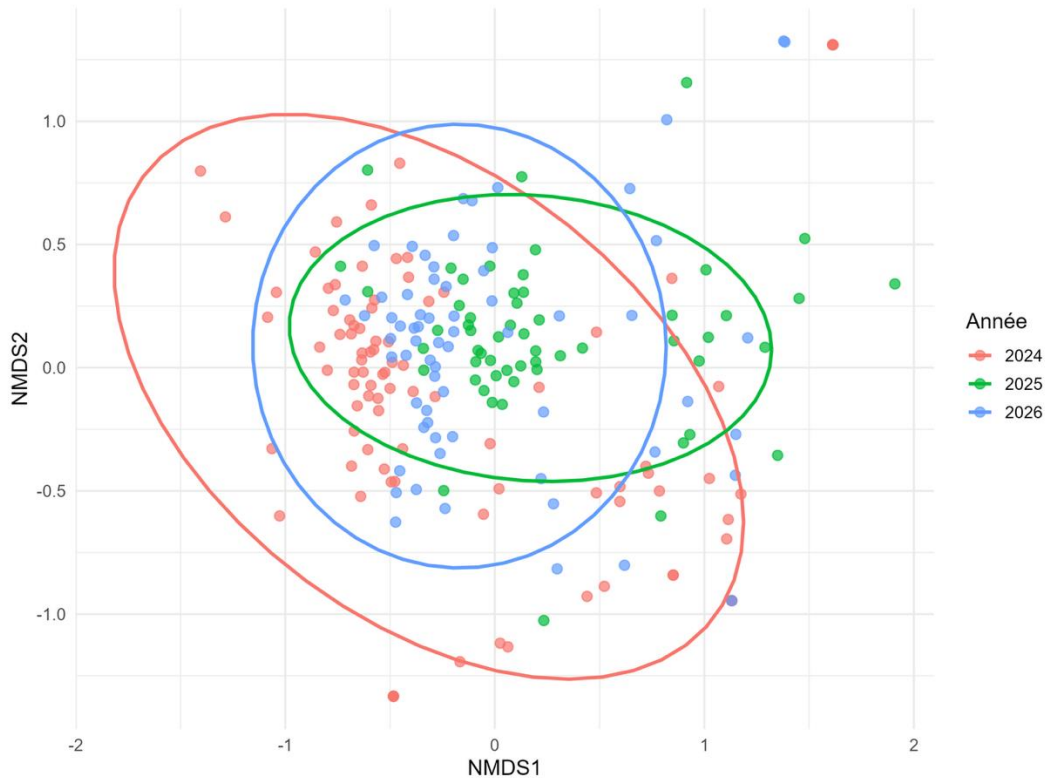
@FDAAPPMA30

Annexe VII



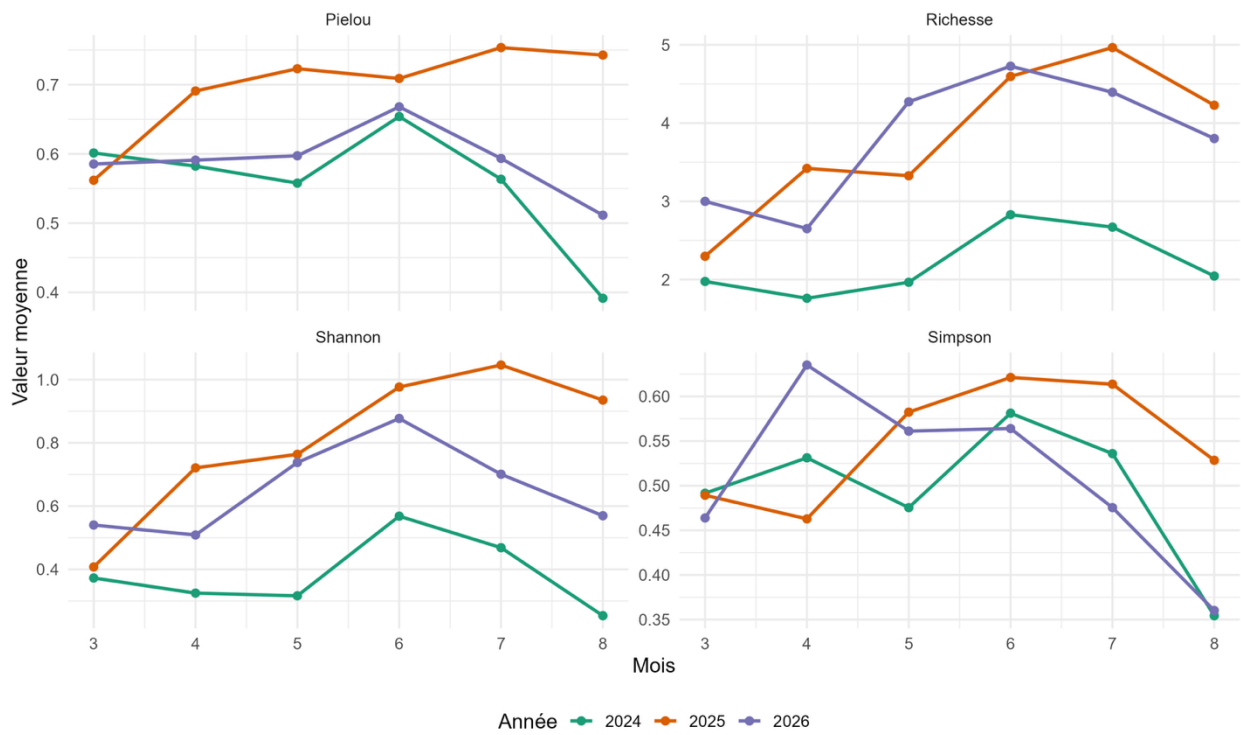
Annexe VIII

NMDS de la composition floristique (stress = 0.19)



Annexe IX

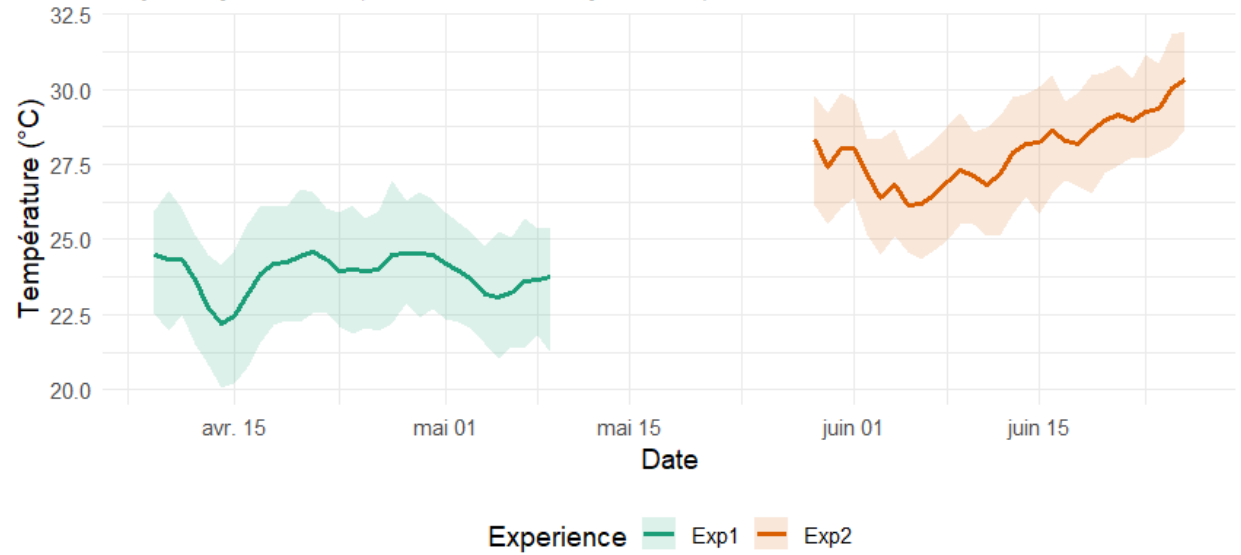
Évolution saisonnière des indices de biodiversité



Annexe X

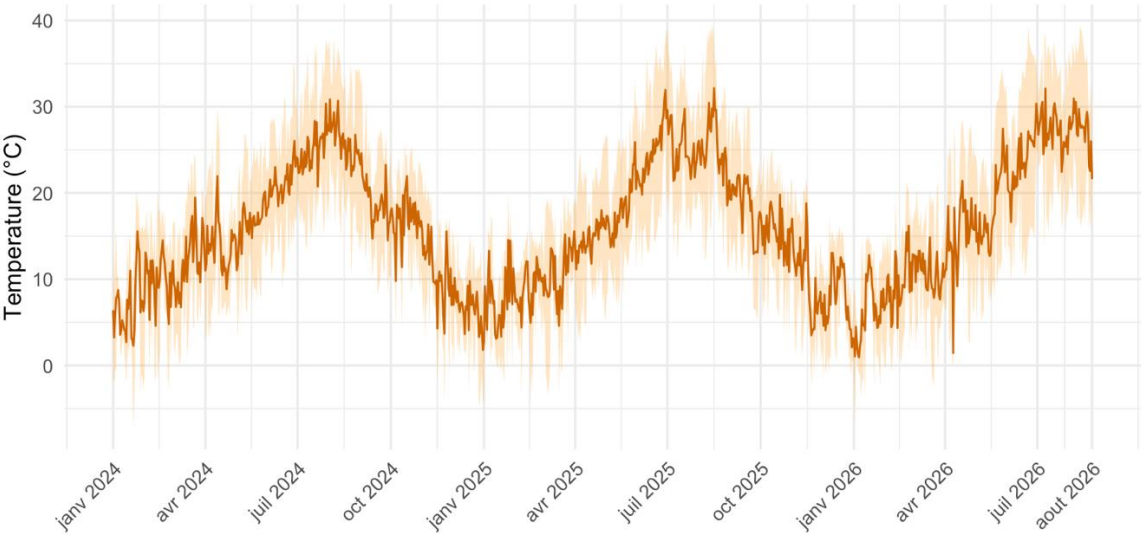
Température de la serre pendant les deux expériences

Moyenne journalière (bande = min-max journalier)

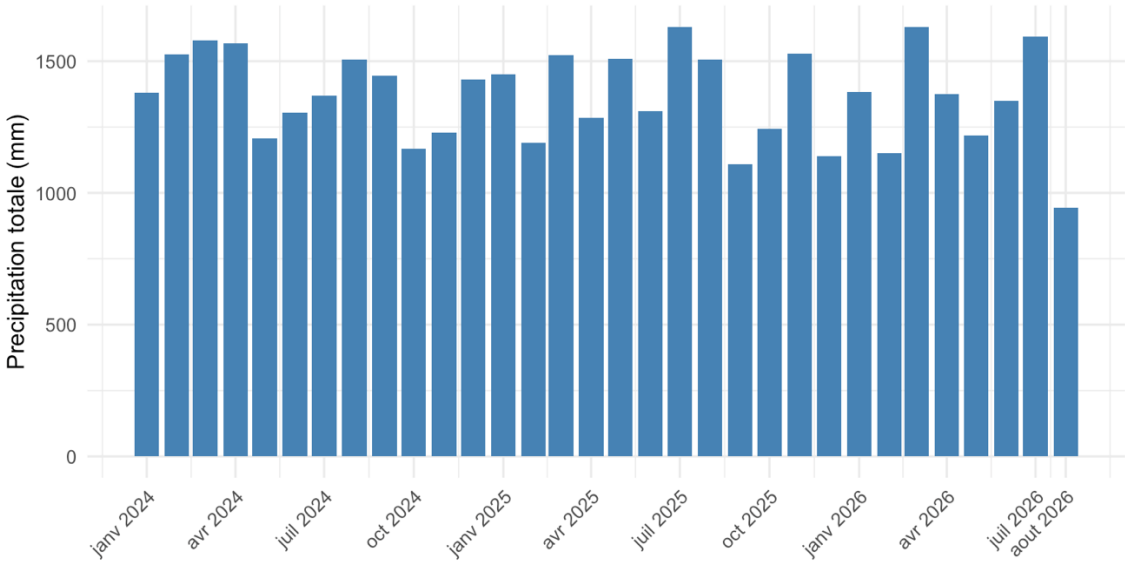


Profil temperature 2024-2026

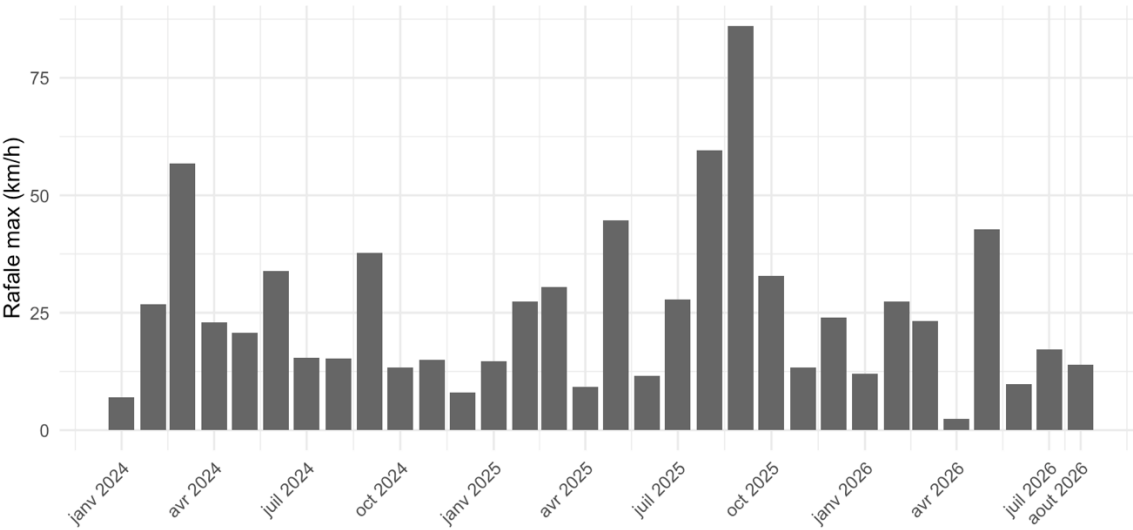
Jaune = Min et Max; ligne orange = temperature moyenne quotidienne



Precipitations totales mensuelles 2024-2026



Rafale de vent maximale mensuelle 2024-2026



Une étude portée par la Fédération de Pêche

L'étude suit l'évolution de la croissance de la laitue d'eau, en identifiant les zones du contre-canal impactées. Cela permet d'évaluer son expansion, ainsi que l'impact que cela aura sur les autres plantes et la faune.



Les premiers résultats montrent que les tapis denses de *Pistia stratiotes* limitent le brassage de l'eau et entraînent une stratification thermique. Cette stratification réduit la quantité d'oxygène dissous, essentiel à la vie aquatique, dégradant ainsi la qualité des cours d'eau.

Généralement, la diminution de l'oxygène dissous provoque des conditions de vie difficiles pour la faune, notamment les poissons, ou encore les insectes, menant à des taux de mortalité plus élevés dans les zones touchées/recouvertes.

Soyons vigilant

La Laitue d'eau est une espèce qui colonise facilement de nouveaux milieux. Avec une simple bouture, elle peut envahir des cours d'eau sains.

Des gestes simples peuvent limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes :

Ne pas la cueillir ni la transporter

Nettoyer tout le matériel après chaque sortie

Faire sécher le matériel au soleil

Éviter les zones envahies par les espèces exotiques envahissantes

Aidez-nous à identifier les nouveaux foyers de colonisation et limiter la propagation de la Laitue d'eau !

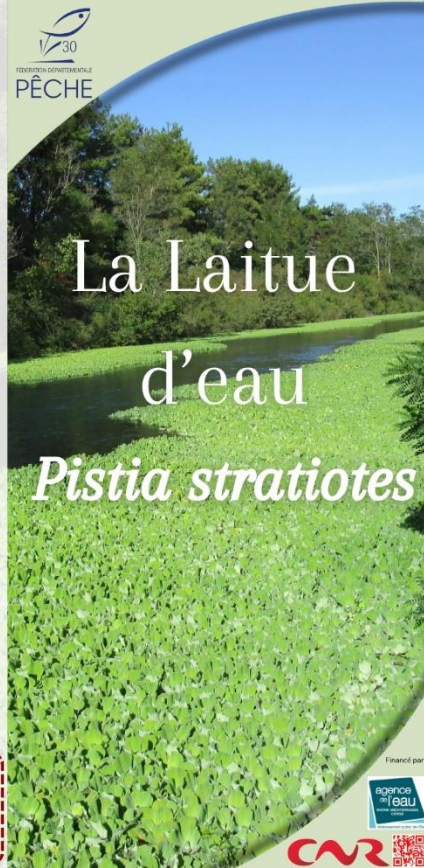
Contact

Fédération de pêche du Gard
04 66 02 91 61
contact@pechegard.com

Pour aller plus loin

Expérimentations de gestion de la Laitue d'eau dans un contre-canal du Rhône (Gard).
R. Brussa, N. Rabin, D. Blottière et C. Singh

Etude de cas d'une implantation pérenne de la Laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) dans l'hexagone.
A. Guartier, J. Murais, R. Brussa et C. Bernery



Reconnaître l'espèce



La Laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) est une **plante aquatique libre flottante**. Elle forme une rosette à poils courts vert clair, pouvant atteindre jusqu'à 50 cm.

Cette plante forme de petites colonies où les individus sont rattachés autour de la plante mère, par des stolons. Les plants flottants ont de grandes racines pouvant atteindre jusqu'à 1 m de longueur.

La laitue d'eau est une **plante gélive** : en hiver, les individus meurent lors des températures négatives. Les graines quant à elles peuvent subsister malgré des températures négatives.



Origine

Cette espèce exotique dont l'origine reste encore incertaine, est présente aujourd'hui dans 15 pays de l'Union européenne avec une première observation aux Pays-Bas en 1973.



Utilisée comme **plante d'ornementation**, sa colonisation dans de nouveaux milieux naturels se fait notamment à cause de **déversements, volontaires ou involontaires**.

Les premières observations de Pistia stratiotes dans le Gard datent de 2005.

Dans le Gard, elle est présente sur la rive droite du contre-canal, à partir de Les Angles jusqu'aux communes de Comps et d'Aramon.

Méthode de dispersion

La dispersion de la Laitue d'eau se fait via le **détachement des stolons** filles. Une fois détachés, ces derniers viennent dériver à la surface et forment de nouvelles colonies.

Milieu colonisé

Initialement, la présence de l'espèce n'était que ponctuelle durant l'été. Or, depuis 2016, la plante résiste à l'hiver et s'est établie de manière permanente sur le contre canal. Elle colonise **désormais presque 17 km** du cours d'eau avec des accumulations au niveau des ouvrages hydrauliques.

Pour **limiter cette propagation vers l'aval** et **rétablir le fonctionnement hydraulique** du contre-canal, la CNR intervient sur ces zones de blocages en collectant la laitue d'eau.



Conséquences

La présence de *Pistia stratiotes* peut avoir un impact sur les infrastructures du contre-canal et la pêche de loisir. Elle ralentit l'écoulement de l'eau, provoque l'accumulation de débris et modifie l'habitat naturel.

ÉTUDE DU CARACTÈRE INVASIVE DE LA LAITUE D'EAU

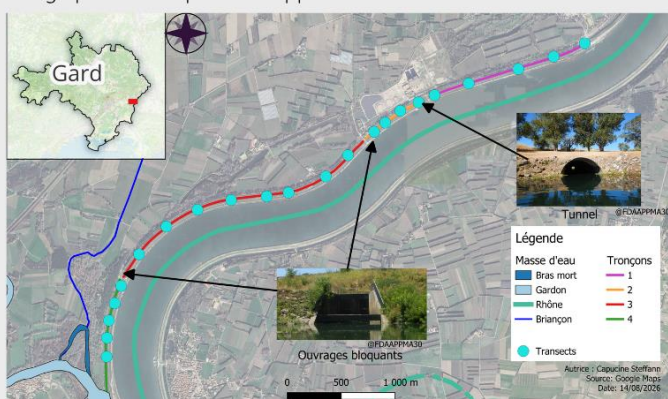
PISTIA STRATIOTES, aussi appelée Laitue d'eau est une plante aquatique, libre flottante. Grâce à son adaptabilité et aux hausses des températures, cette macrophyte a un potentiel invasif important. Elle est présente sur tous les continents et dans 15 pays européens. Elle est inscrite depuis 2014 sur la liste des Plantes Exotiques Envahissantes de l'EPPO*.

Dans le Gard, elle est présente sur le contre canal, depuis 2005 mais sa population est dite établie, présente en hiver et en été, depuis 2016.

1

ZONE D'ÉTUDE

LE CONTRE CANAL D'ARAMON est un ouvrage artificiel géré par la Compagnie Nationale du Rhône contribuant à la stabilisation des digues du Rhône et à l'équilibrage piézométrique des nappes alentours.



La zone étudiée s'étend sur 7 km, divisées en quatre tronçons: T1, T2, T3 et T4. Ce secteur a été sélectionné en fonction de la densité des plantes envahissantes et de son intersection avec le Gardons en T4.

PRÉCONISATION POUR ÉVITER SA PROPAGATION

La Laitue d'eau est une espèce qui colonise facilement de nouveaux milieux. Avec une simple bouture, elle peut envahir un cours d'eau sains. Des gestes simples peuvent limiter la propagation des espèces exotiques envahissantes:



FAIRE SÉCHER LE MATÉRIEL AU SOLEIL



NE PAS LA CUEILLIR NI LA TRANSPORTER



ÉVITER LES ZONES ENVAHIES PAR LES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES



NETTOYER TOUT LE MATÉRIEL APRÈS CHAQUE SORTIE

*EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION



FICHE ESPÈCE LA LAITUE D'EAU PISTIA STRATIOTES

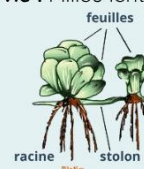
Autre nom : Chou aquatique

Famille : Aracea

Origine : Régions pantropicales et subtropicales

Poids/taille : 1-3.5kg/30-50 cm

Lieu de vie : Milieu lentique



La laitue d'eau est une plante gélive, elle meurt lors des températures négatives. Les graines quant à elles peuvent subsister malgré des températures négatives. Sa croissance est optimum entre 25 et 30°C.

MODES DE REPRODUCTION

REPRODUCTION SEXUELLE

Pistia produit des graines en septembre/octobre



REPRODUCTION ASEXUELLE

Pistia forme des petites colonies où les individus sont rattachés à la plante mère par des stolons



Ces deux techniques lui permettent d'envahir un milieu rapidement. La dispersion de la Laitue d'eau se fait notamment via le détachement des stolons filles, qui en dérivant forment de nouvelles colonies.

2

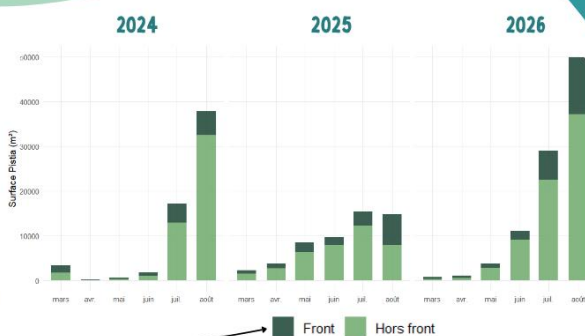
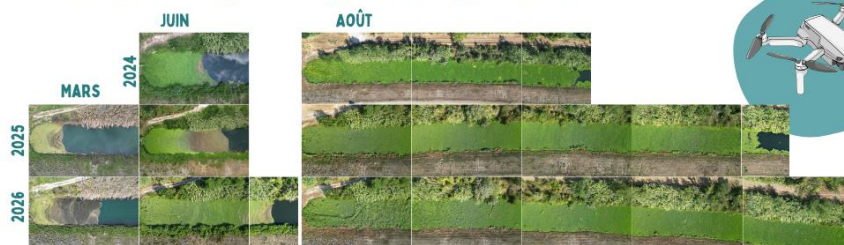
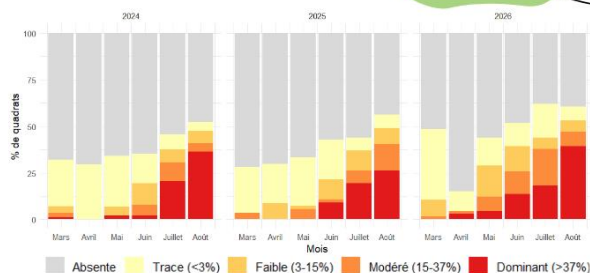
DYNAMIQUE DE POPULATION

ETALEMENT DU TAPIS DE PISTIA STRATIOTES

La mesure de la surface colonisée par la laitue d'eau s'est faite par **cartographie**. Tous les mois, le contre-canal était parcouru en kayak pour recenser sur une carte les patches denses. À partir des cartes, on obtient la somme totale des surfaces en m².



On appelle front de colonisation la surface bloquée au niveau des ouvrages bloquants



Pour compléter ces données et pour évaluer l'impact de Pista stratiotes tout le long du contre-canal, nous avons recensé pendant trois ans les surfaces de chaque plante aquatique. Sur chaque transect, présenté sur la carte plus haut, on réalise 3 quadrats : deux en berge, sur chaque rive, et un en chenal. Grâce à ce protocole, on peut étudier la répartition de la laitue par rapport aux autres végétaux et noter sa présence, même de façon ponctuelle.



DES PHOTOS DRONES ONT ÉTÉ FAITES MENSUELLEMENT POUR MESURER L'ÉVOLUTION DES FRONTS DE COLONISATION ET LEUR AUGMENTATION AU FIL DES ANNÉES

REPRODUCTION SEXUÉE ET GERMINATION

Au début de l'été, les fleurs de Pista stratiotes commencent à apparaître. Sur un échantillon de 1 m², on obtient les pourcentages de rosettes avec des fleurs. Selon sa taille, un plant de laitue d'eau peut atteindre jusqu'à 40 fleurs, si l'on compte toutes celles sur les plantules attachées.

Des graines ont été collectées en 2025 sur le contre-canal gardois pour tester la viabilité de celles-ci. Plusieurs moyens de conservation ont été testés : une conservation dans de l'eau à 5 °C pendant 6 mois et au sec à température ambiante. Elles ont germé dans une serre pendant 30 jours.

Cette expérience a été réalisée à deux périodes différentes avec deux températures moyennes. On observe une différence de taux de germination entre l'eau et le sec, qui disparaît lorsque la température est plus élevée. Avec un grand écart-type et peu de réplicats, aucune différence statistique n'a été obtenue. En analysant le MGT, un début de germination est plus rapide à basse température. Le protocole a également analysé la cinétique de germination : à 27,8 °C, les graines atteignent des stades de plantules plus rapidement qu'à 23,8 °C.

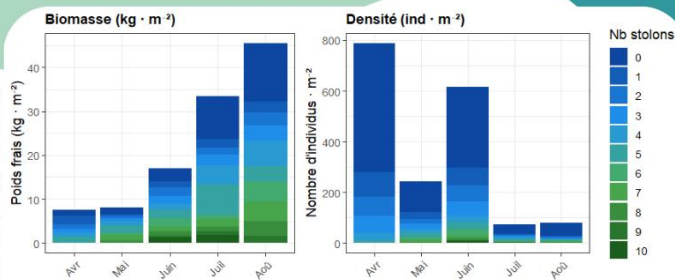


Température moyenne	Type de conservation	Taux de germination moyen (%)	Ecart-type	MGT*	Réplicats
23,8	Eau	16	11,3	15,8j	2
23,8	Sec	37,3	14,1	14,9j	3
27,9	Eau	29,3	16,6	17,9j	3
27,9	Sec	26,7	12,2	17,2	3

*Mean Germination Time = Temps moyen de germination

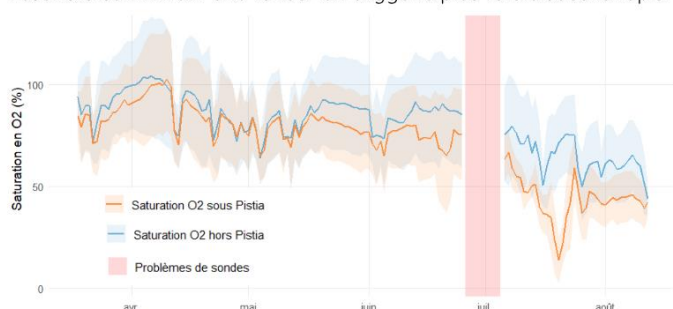
REPRODUCTION ASEXUÉE ET BIOMASSE

Pour mieux comprendre les mécanismes d'expansion, une mesure de biomasse mensuelle a été ajoutée cette année, en complément du suivi des surfaces de *Pistia stratiotes* mené depuis trois ans. La biomasse d'un mètre carré a été prélevée, pesée et comptée, en comptant également le nombre de stolons par rosette mère. Ce protocole a permis d'estimer la croissance de la laitue d'eau et de quantifier sa reproduction végétative. La biomasse humide croît de façon exponentielle entre avril et août, passant de 7 à 46 kg/m². Le nombre de stolons augmente lui aussi avec la température, ce qui traduit une intensification de la reproduction asexuée en période estivale. La densité augmente en parallèle de la biomasse au fil de la saison avec des une forte densité puis moins d'individus



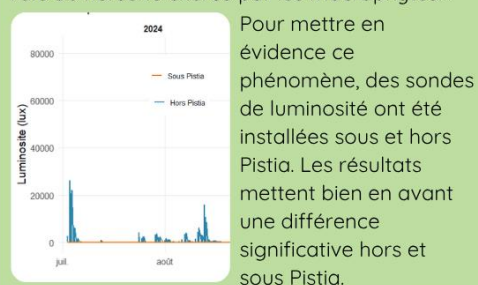
3 QUALITÉ DE L'EAU

En 2024, plusieurs paramètres ont été comparés sous et hors du tapis de *Pistia* en T2 (pH, conductivité, température, oxygène dissous), seuls la température et l'oxygène dissous se sont révélés différents. Des sondes HOBO, mesurant l'oxygène toutes les heures, ont ensuite été installées sous et hors *Pistia* en 2025 et 2026, et les résultats confirment une teneur en oxygène plus faible sous le tapis.



En complément des sondes, des prélèvements d'eau ont été réalisés chaque année au même point en T2, hors *Pistia* en mars et sous *Pistia* en juillet. Aucun schéma n'a pu être établi entre nutriments et laitue d'eau, ce qui peut s'expliquer par la diversité des origines des nutriments dans le contre-canal : ruissellement des terres agricoles, pollutions anthropiques, ou activités microbiennes liées aux phénomènes anaérobies.

Le phénomène qui amplifie la détérioration de la qualité de l'eau est l'absence de luminosité au sein des tapis denses de *Pistia*. Sans lumière, toute la colonne d'eau est perturbée car les macrophytes immergés disparaissent, arrêtant la photosynthèse et favorisant un milieu pauvre en oxygène. Cette disparition empêche également la filtration de l'eau et le rôle de nurserie exercé par les macrophytes.



4 IMPACT SUR LA VIE SUBAQUATIQUE

PÊCHE ÉLECTRIQUE

EN 2025, UNE PÊCHE ÉLECTRIQUE D'INVENTAIRE A ÉTÉ RÉALISÉE PAR BATEAU SUR LE CONTRE-CANAL. CET INVENTAIRE A PERMIS LE CALCUL D'UN INDICE POISSON RIVIÈRE QUI S'EST RÉVÉLÉ ÊTRE MÉDIocre. EN EFFET, LE CONTRE-CANAL EST UN MILIEU TROP ANTHROPIsé POUR SE RAPPROCHER DES RÉFÉRENCES NATURELLES INCLUSES DANS CET INDICE. CEPENDANT, L'INVENTAIRE A RÉVÉLÉ UN GRAND NOMBRE D'ANGUILLES, UN BROCHET ET UNE BOUVIÈRE, RAPPELANT LE RÔLE DE PROTECTION D'UNE BIODIVERSITÉ FRAGILE DANS LE CONTRE-CANAL.

PLONGÉES SCIENTIFIQUES

DES PLONGÉES SCIENTIFIQUES ONT EU LIEU EN 2023 ET 2024. DURANT CES EXPÉDITIONS SOUS ET HORS PISTIA, ON A PU OBSERVER LA RÉPARTITION DES POISSONS



ADNE

L'ADNE PERMET PAR UN SIMPLE PRÉLÈMENT D'EAU D'AVOIR UNE LISTE DES POISSONS PRÉSENTS SUR LE CONTRE-CANAL:

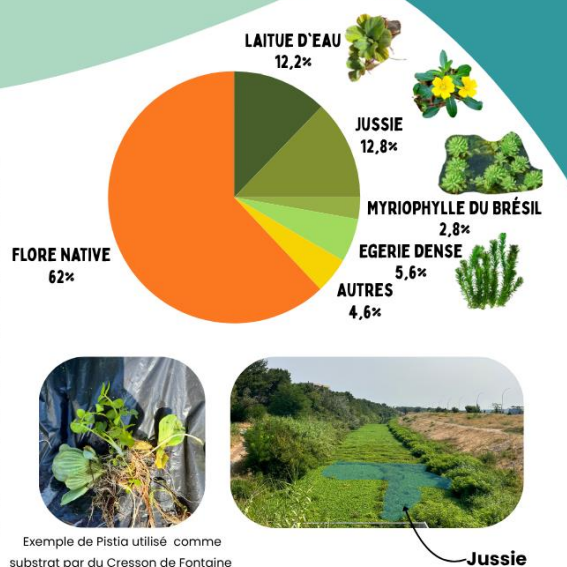
ABLETTE	EPINOCHÉ À TROIS ÉPINES
ANGUILLE	GAMBUSIE
ASPE	GARDONS
BARBOT FLUVIATILE	ROTENGLE
BREME BORDELIÈRE	TANCHE
BREME COMMUNE	SPITRLIN
BROCHET	SILURE GLANE
BOUVIÈRE	SANDRE
CARPES	LOCHE
	PERCHE SOLEIL
	PSEUDORASBORA

FRAYÈRES POTENTIELLES

5

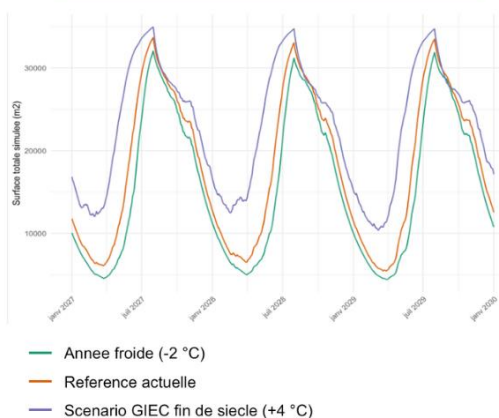
IMPACT SUR LA FLORE

Le suivi floristique par surface recouverte mené sur trois ans a permis de recenser 33 espèces de macrophytes le long des 22 transects du contre-canal, présentés sur la carte. Les indices de biodiversité (richesse spécifique, Shannon, Simpson, Piéluou) montrent une communauté floristique globalement stable dans sa composition d'une année sur l'autre. Cependant, des variations d'indices mensuels montrent la place que la laitue d'eau prend lors de sa croissance. Cet inventaire met surtout en lumière l'importance des espèces exotiques envahissantes sur le site : leur recouvrement cumulé ne descend jamais sous les 25 % et atteint 50 % en 2025. *Ludwigia grandiflora* et *Pistia stratiotes* représentant à elles deux la moitié des PEE observées. Leur coexistence révèle d'ailleurs une relation plus complexe qu'une simple compétition, la Jussie utilise les tapis de *Pistia* comme substrat de développement.



6

PROJECTION ET PRÉCONISATIONS



Pour comprendre et anticiper la dynamique d'expansion de *Pistia stratiotes*, un modèle mécaniste a été construit à partir des trois années de données de terrain. Il repose sur une croissance logistique de la population, pondérée par une fonction de réponse à la température, à laquelle s'ajoutent un terme de mortalité/arrachage hivernal et les apports en amont du site :

$$dS/dt = r \times f(T) \times S \times (1 - S/K) - \text{Mortalité} + \text{Entrée}$$

Ce modèle a ensuite été utilisé pour simuler l'évolution des surfaces colonisées sous différents scénarios thermiques : la référence actuelle (2023-2026), une année plus froide (-2°C) et un scénario de réchauffement de fin de siècle (+4°C, projections du GIEC). Les résultats suggèrent que le dérèglement climatique pourrait accentuer l'invasion dans les années à venir. Au-delà de ces projections climatiques, ce même modèle permet de tester et comparer différents scénarios d'arrachage afin d'estimer leur efficacité et d'aider à ajuster les fréquences d'intervention sur le terrain.

CONCLUSION

Cette étude confirme que la prolifération de *Pistia stratiotes* sur le contre-canal s'inscrit dans une boucle de rétroaction thermique, où la chaleur favorise la croissance du tapis qui en retour dégrade l'oxygénation et la luminosité du milieu. Cette invasion réduit directement les zones praticables pour la pêche de loisir, seule activité nautique autorisée sur le contre-canal. Ce travail apporte ainsi les premières données françaises sur la viabilité des graines et la dynamique de reproduction de la laitue d'eau, ouvrant des pistes pour de futures études.

POUR ALLER PLUS LOIN



Expérimentations de gestion de la Laitue d'eau dans un contre-canal du Rhône (Gard).
R. Brusson, N. Rabin D. Blottière et C. Singh

Etude de cas d'une implantation pérenne de la Laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) dans l'hexagone.
A. Dutartre, J. Marais, R. Brusson et C. Bernery



Capucine Steffann

