

Contributions de l'ADNe dans la gestion de la faune aquatique

Guillaume Côté¹ et Olivier Morissette²

1-Direction principale de l'expertise en faune aquatique

2-Université du Québec à Chicoutimi

**Forum : Conservation et mise en valeur de
l'omble de fontaine**

13 mars 2025

ADNe : outil pour la conservation

- L'ADNe comme outil pour la caractérisation de la communauté de poissons d'un lac:
 - Définition, méthode et interprétation
 - Écologie de l'ADNe et comment les facteurs peuvent impacter la stratégie d'échantillonnage et l'interprétation des résultats
 - Démarrage d'un projet avec l'outil ADNe

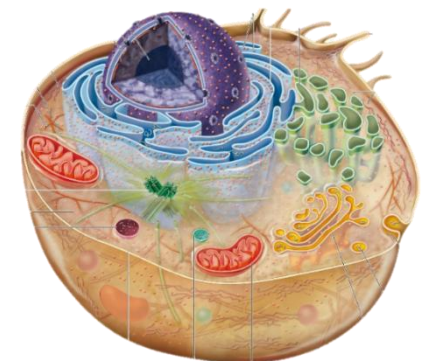
Guide diagnostique pour l'évaluation d'un lac à omble de fontaine avant un aménagement d'habitat

2024



ADNe : définition

- L'ADNe est de l'ADN relâché par les organismes dans l'environnement (eau, air et sol)
 - Retrouvé sous forme d'ADN nucléaire ou d'ADN mitochondrial
 - ADNm »»» ADNn dans les cellules
 - peau
 - écailles
 - muqueuses
 - fèces
 - gamètes
 - carcasses
- Plusieurs facteurs peuvent affecter notre capacité à détecter l'ADN des espèces



ADNe : méthode pour détecter l'ADNe?

Terrain



Laboratoire

Approche spécifique par PCRq

- Présence/absence et quantitatif
- Amorces et sonde spécifiques



Approche communauté par NGS

- Amorces universelles
- Approche de bio-informatique pour confirmer les espèces

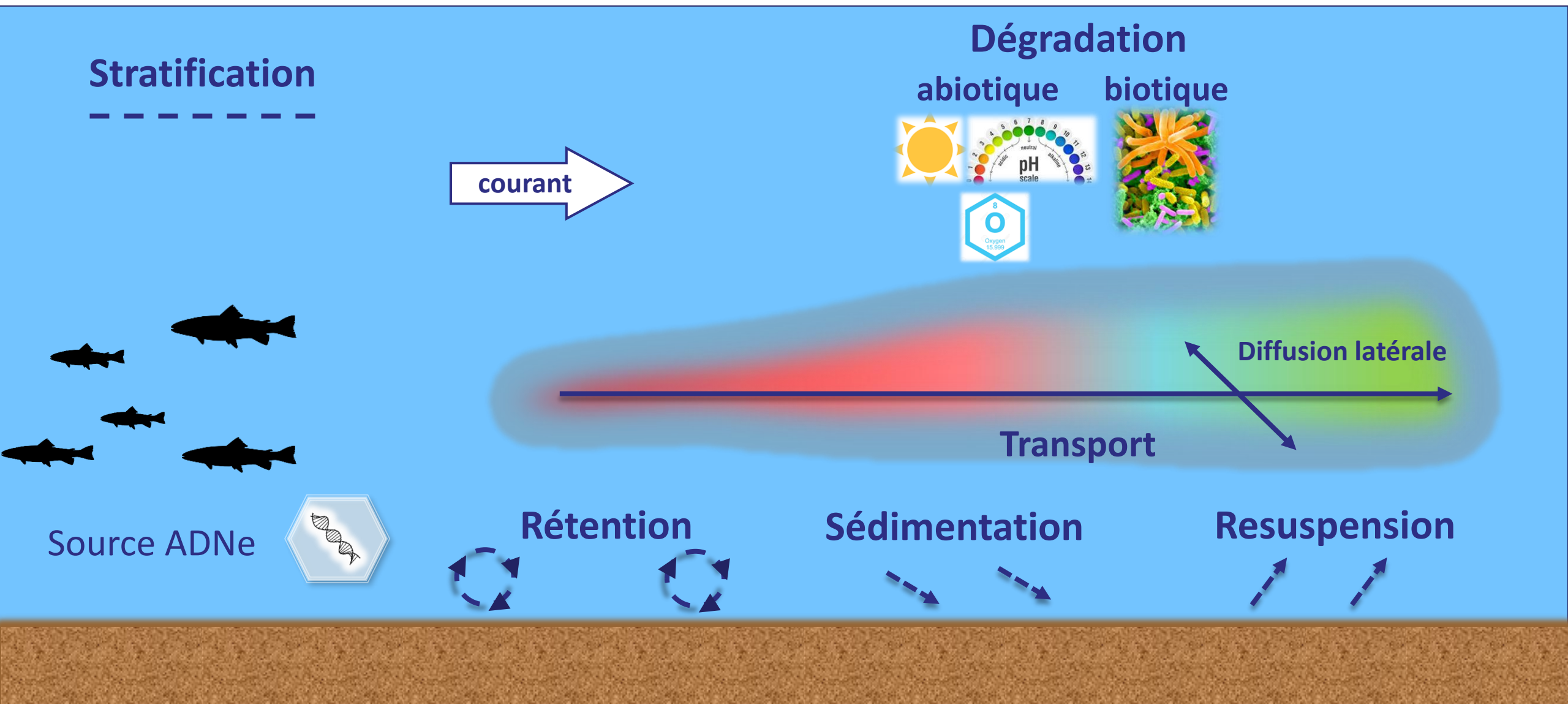


- Stratégie d'échantillonnage
 - où, combien, quand, objectif
- **Gestion de la contamination**
- Échantillonnage de l'eau
 - surface, intégré
- Filtration
 - sur le terrain, en laboratoire
 - pompe, seringue

ADNe : interprétation des résultats

- Une détection positive dans un environnement donné :
 - **indique** seulement que l'ADN de l'espèce d'intérêt était présent au moment de l'échantillonnage
 - **n'indique pas** si l'ADN provient d'un ou de plusieurs individus et ne **permet pas** d'en connaître les caractéristiques (sexe, stade de vie, mort ou vivant...)
- Types d'erreurs :
 - **Faux négatif:** non-détection de l'ADN d'une espèce dans un échantillon/site où cet ADN est attendu
 - Stratégie d'échantillonnage, présence d'inhibiteur PCR, erreur en laboratoire
 - **Faux positif:** détection de l'ADN d'une espèce dans un échantillon/site où cet ADN n'est pas attendu
 - Transport, contamination, répartition des espèces erronée

ADNe : écologie de l'ADNe



ADNe : transport

Received: 23 October 2019 | Revised: 13 April 2020 | Accepted: 20 April 2020

DOI: 10.1002/edn3.88

ORIGINAL ARTICLE

Environmental DNA
Dedicated to the study and use of environmental DNA for basic and applied research

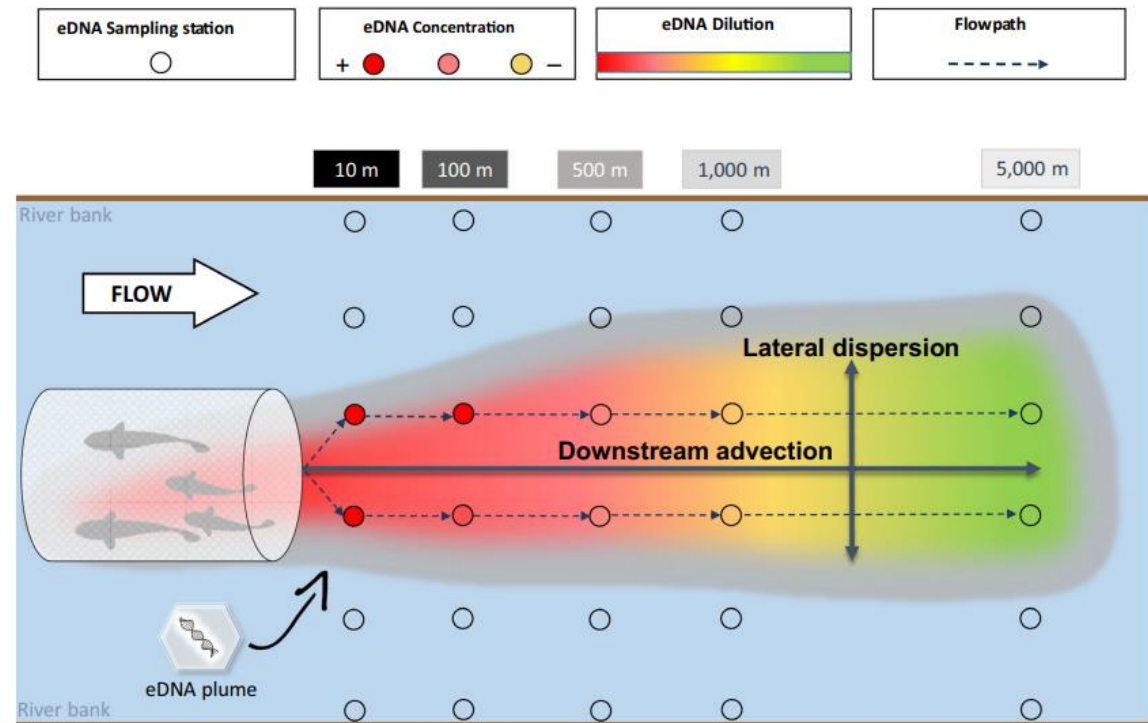
WILEY

Caged fish experiment and hydrodynamic bidimensional modeling highlight the importance to consider 2D dispersion in fluvial environmental DNA studies

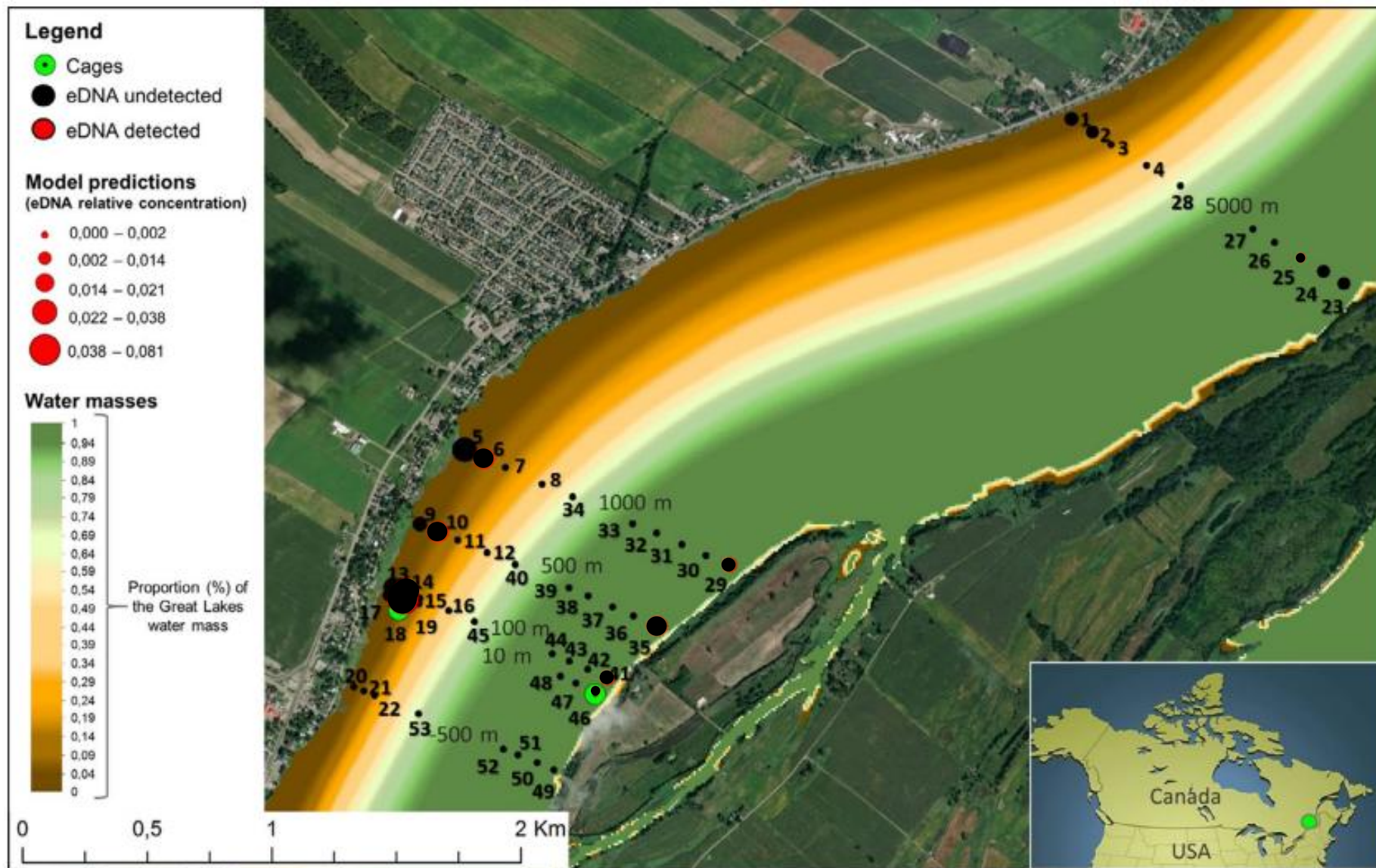
Martin Laporte¹  | Bérénice Bougas¹ | Guillaume Côté² | Olivier Champoux³ | Yves Paradis² | Jean Morin³ | Louis Bernatchez¹ 

Modèle hydrodynamique 2D pour le fleuve Saint-Laurent capable de prédire le transport et la diffusion latérale des particules

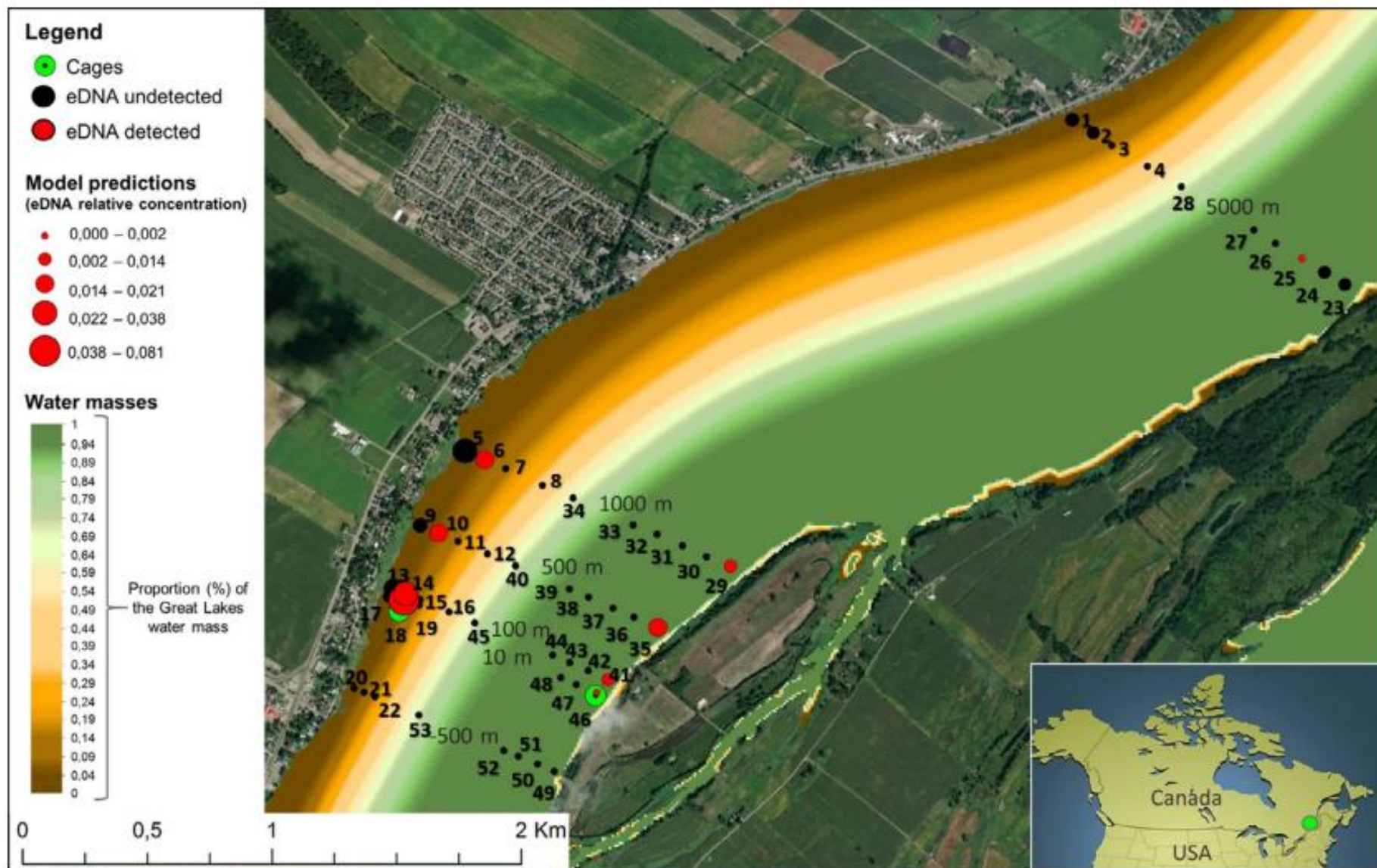
eDNA hydrodynamic transportation model | AERIAL VIEW



ADNe : transport

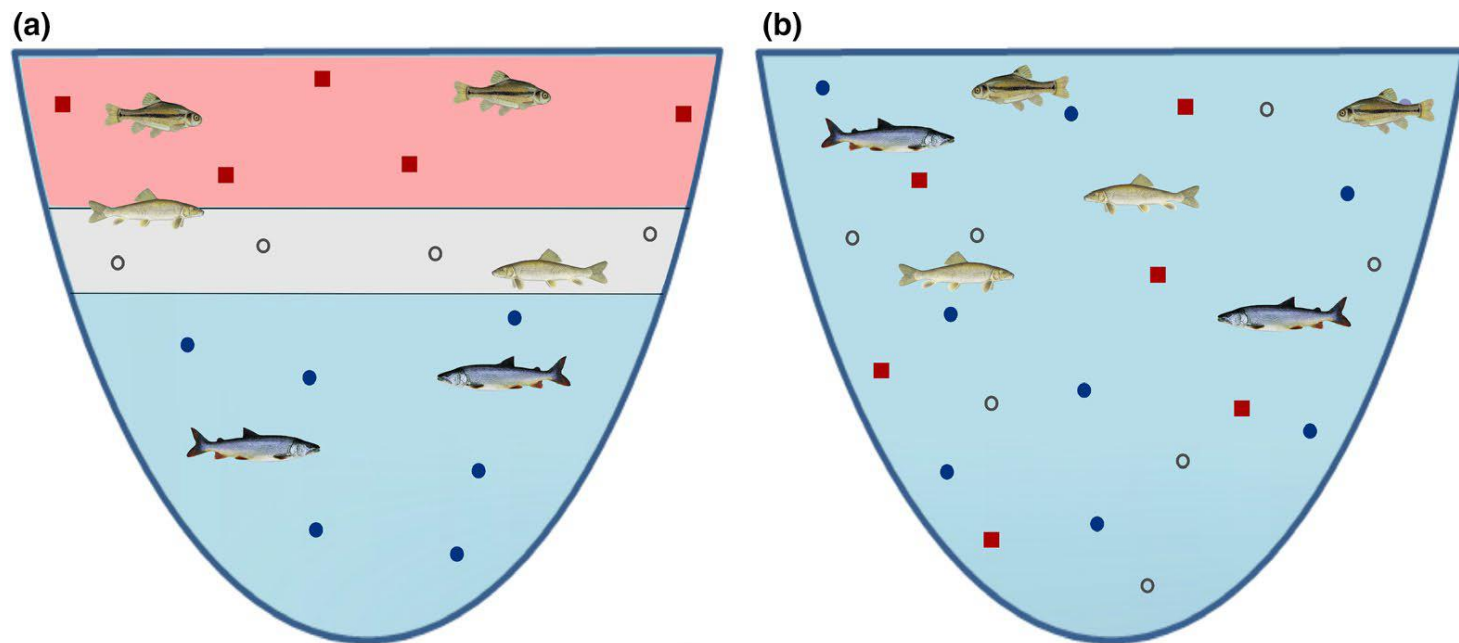


ADNe : transport



ADNe : stratification thermique

Évaluer l'effet de la stratification thermique et du brassage sur la distribution de l'ADN en lac



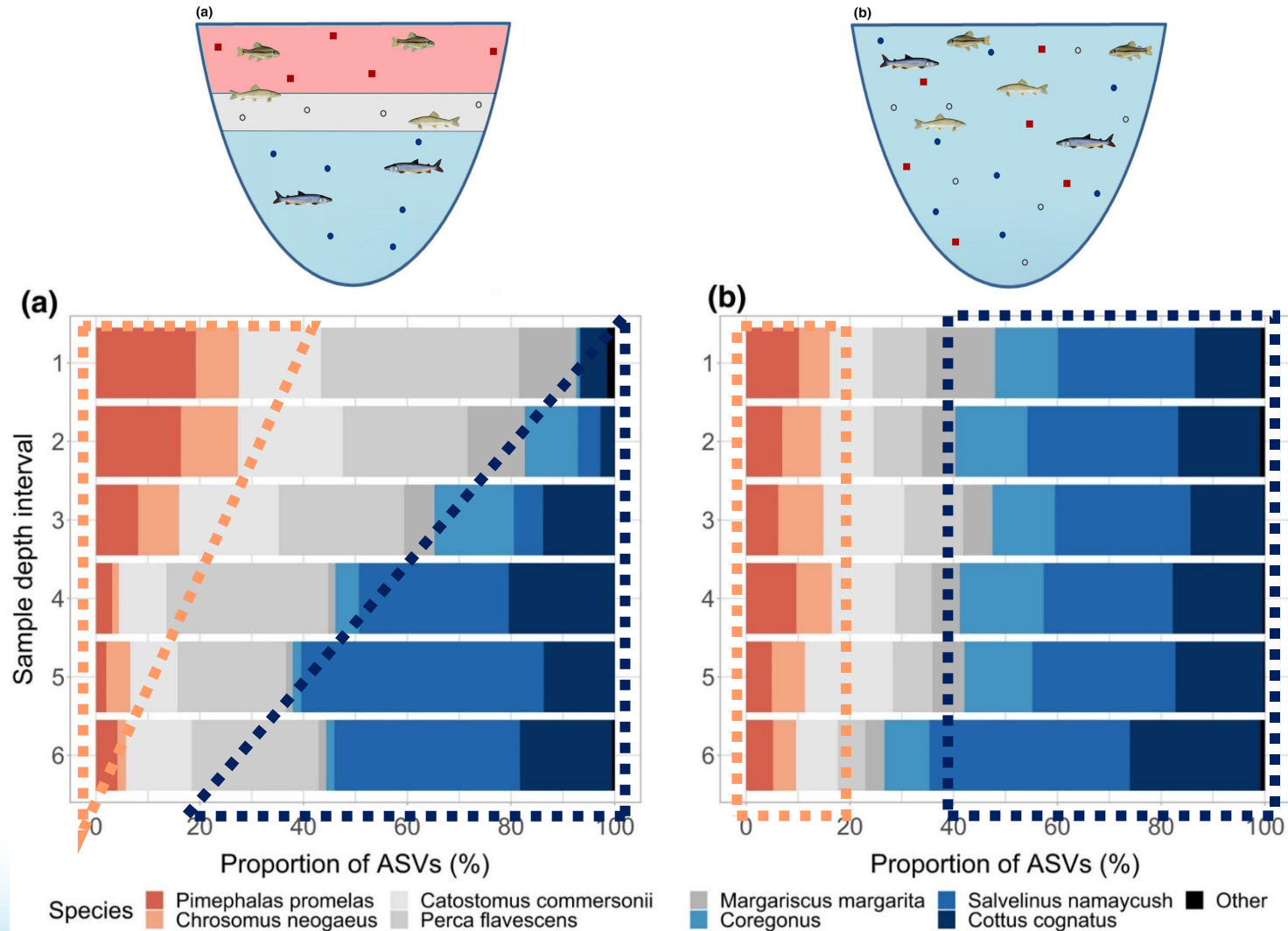
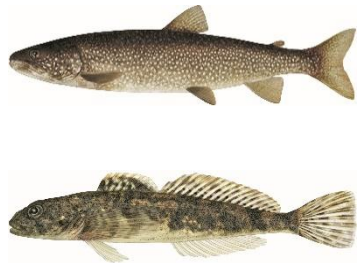
ADNe : stratification thermique

Évaluer l'effet de la stratification thermique et du brassage sur la distribution de l'ADN en lac

Eau chaude



Eau froide



ADNe : effet des facteurs sur la production et la dégradation

Received: 20 May 2021 | Revised: 21 October 2021 | Accepted: 25 October 2021

DOI: 10.1002/edn3.266

ORIGINAL ARTICLE

Environmental DNA
Dedicated to the study and use of environmental DNA for basic and applied sciences

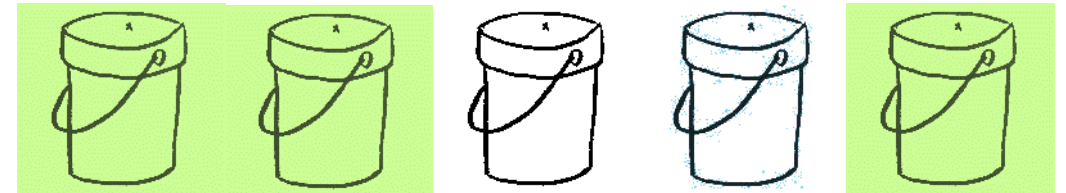
WILEY

Effect of biotic and abiotic factors on the production and degradation of fish environmental DNA: An experimental evaluation

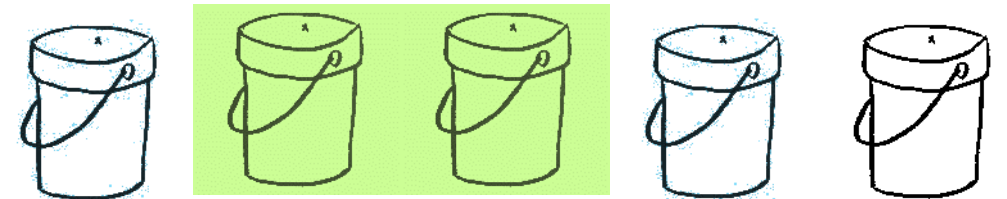
Isabeau Caza-Allard¹ | Martin Laporte^{1,2} | Guillaume Côté² | Julien April² | Louis Bernatchez¹



8°C 16°C 24 °C



Témoins



Témoins

ADNe : effet des facteurs sur la production et la dégradation

Received: 20 May 2021 | Revised: 21 October 2021 | Accepted: 25 October 2021

DOI: 10.1002/edn3.266

ORIGINAL ARTICLE

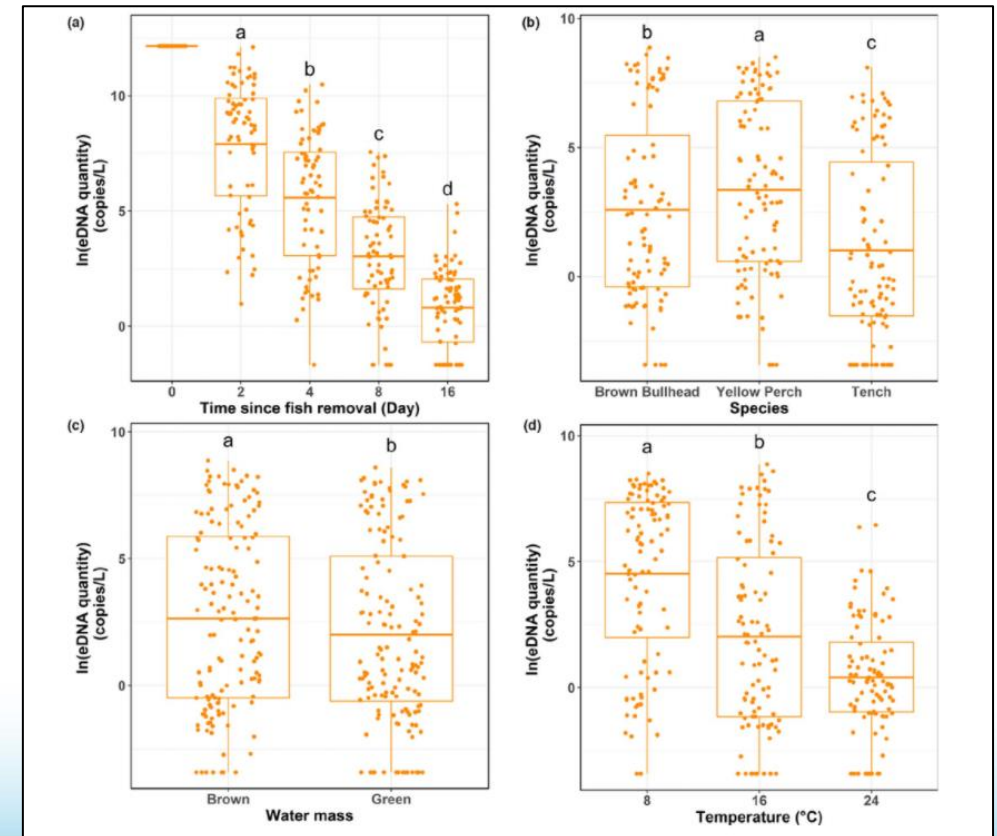
Environmental DNA
Dedicated to the study and use of environmental DNA for basic and applied sciences

WILEY

Effect of biotic and abiotic factors on the production and degradation of fish environmental DNA: An experimental evaluation

Isabeau Caza-Allard¹ | Martin Laporte^{1,2} | Guillaume Côté² | Julien April² | Louis Bernatchez¹

- Tous les facteurs testés ont un effet significatif sur la dégradation de l'ADN:
 - Temps
 - Espèce
 - Masses d'eau
 - Température



Où, quand et combien : les facteurs à considérer dans l'établissement d'un protocole ADNe



ADNe : où

- Impact de la stratégie d'échantillonnage sur le suivi de la communauté de poisson du lac Tee
 - 9 sites en août 2022, 3 sites pour chaque classe de profondeur



ADNe : où

• L'ADN de 21 espèces détecté

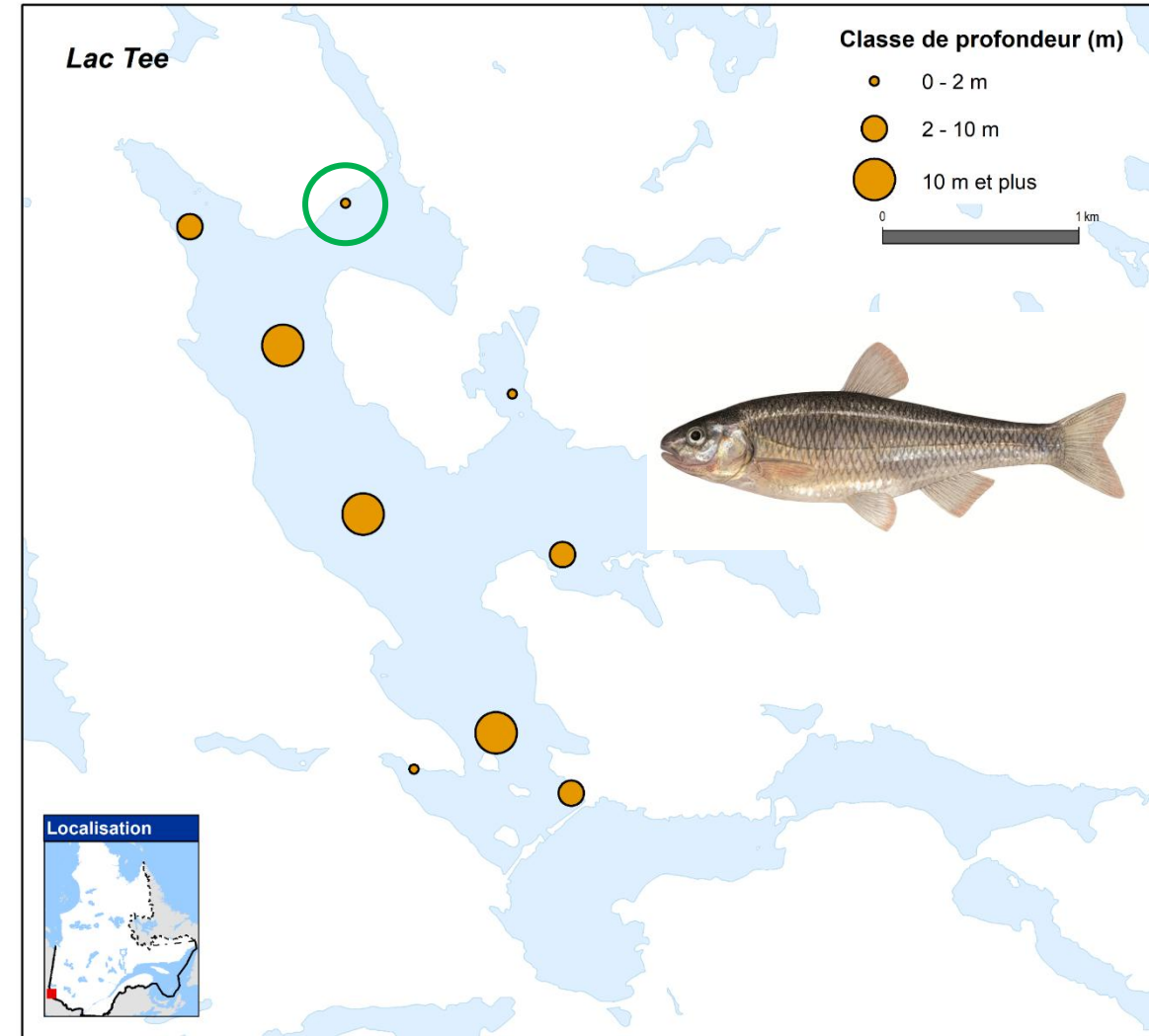
Nom commun	Tee-01	Tee-02	Tee-03	Tee-04	Tee-05	Tee-06	Tee-07	Tee-08	Tee-09	Total
Meunier noir	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet de roche	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet-soleil	1	1	1	0	1	0	0	1	1	6
Achigan à petite bouche	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Chabot tacheté ou visqueux	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4
Méné à nageoire rouge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Méné jaune	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Museau noir	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Méné à queue tachée	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Méné à museau arrondi	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Mulet à cornes	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Ouitouche	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Grand brochet	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Barbotte brune	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
Dard à ventre jaune	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Perchaude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Fouille-roche zébré	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Doré jaune	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
Cisco de lac	0	1	0	1	0	1	1	0	0	4
Grand corégone	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Touladi	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Total	10	10	15	2	13	6	4	11	9	



ADNe : où

• L'ADN de 21 espèces détecté

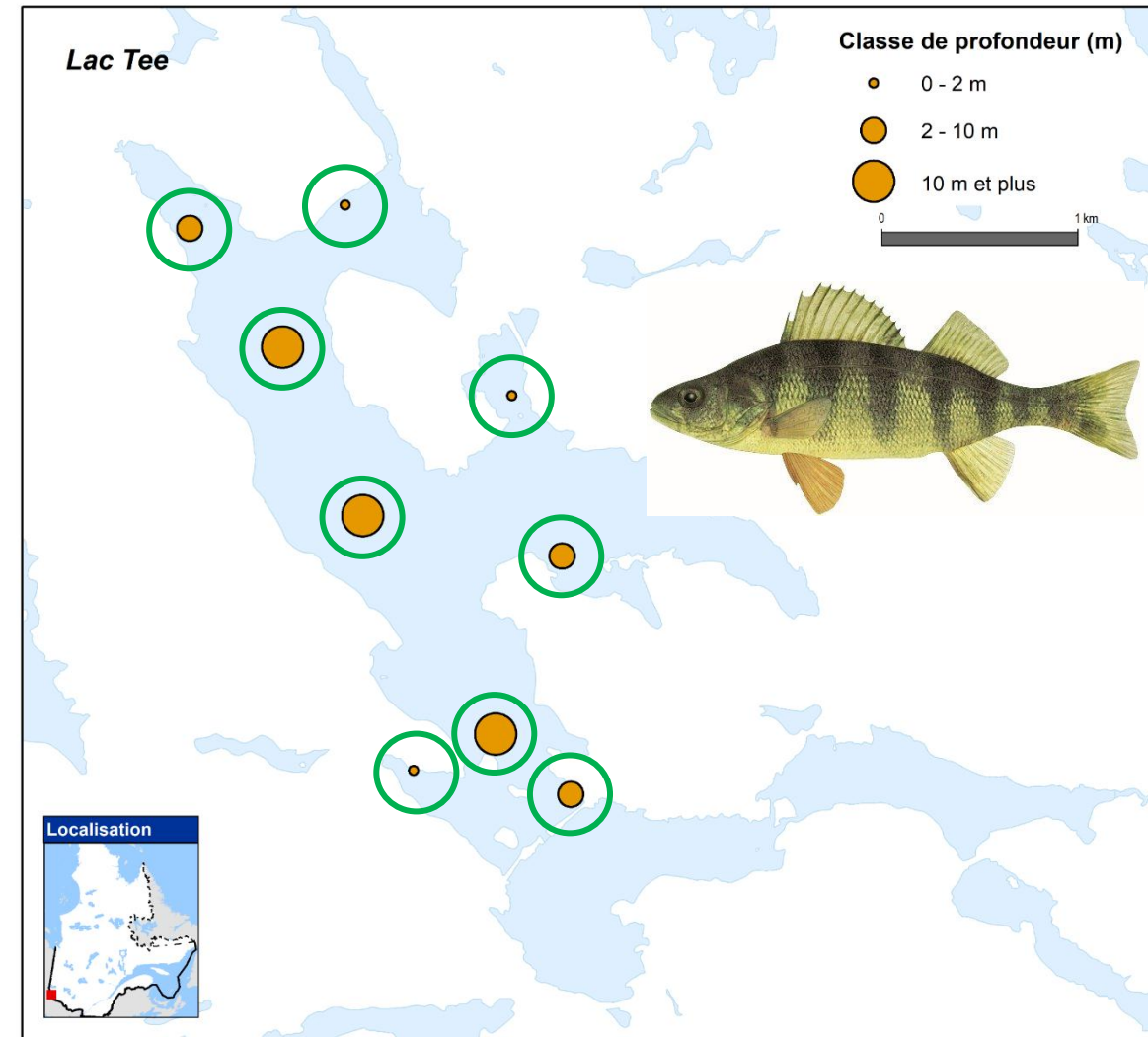
Nom commun	Tee-01	Tee-02	Tee-03	Tee-04	Tee-05	Tee-06	Tee-07	Tee-08	Tee-09	Total
Meunier noir	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet de roche	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet-soleil	1	1	1	0	1	0	0	1	1	6
Achigan à petite bouche	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Chabot tacheté ou visqueux	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4
Méné à nageoire rouge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Méné jaune	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Museau noir	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Méné à queue tachée	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Méné à museau arrondi	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Mulet à cornes	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Ouitouche	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Grand brochet	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Barbotte brune	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
Dard à ventre jaune	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Perchaude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Fouille-roche zébré	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Doré jaune	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
Cisco de lac	0	1	0	1	0	1	1	0	0	4
Grand corégone	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Touladi	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Total	10	10	15	2	13	6	4	11	9	



ADNe : où

• L'ADN de 21 espèces détecté

Nom commun	Tee-01	Tee-02	Tee-03	Tee-04	Tee-05	Tee-06	Tee-07	Tee-08	Tee-09	Total
Meunier noir	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet de roche	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet-soleil	1	1	1	0	1	0	0	1	1	6
Achigan à petite bouche	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Chabot tacheté ou visqueux	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4
Méné à nageoire rouge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Méné jaune	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Museau noir	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Méné à queue tachée	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Méné à museau arrondi	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Mulet à cornes	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Ouitouche	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Grand brochet	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Barbotte brune	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
Dard à ventre jaune	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Perchaude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Touille-roche zèbre	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Doré jaune	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
Cisco de lac	0	1	0	1	0	1	1	0	0	4
Grand corégone	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Touladi	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Total	10	10	15	2	13	6	4	11	9	



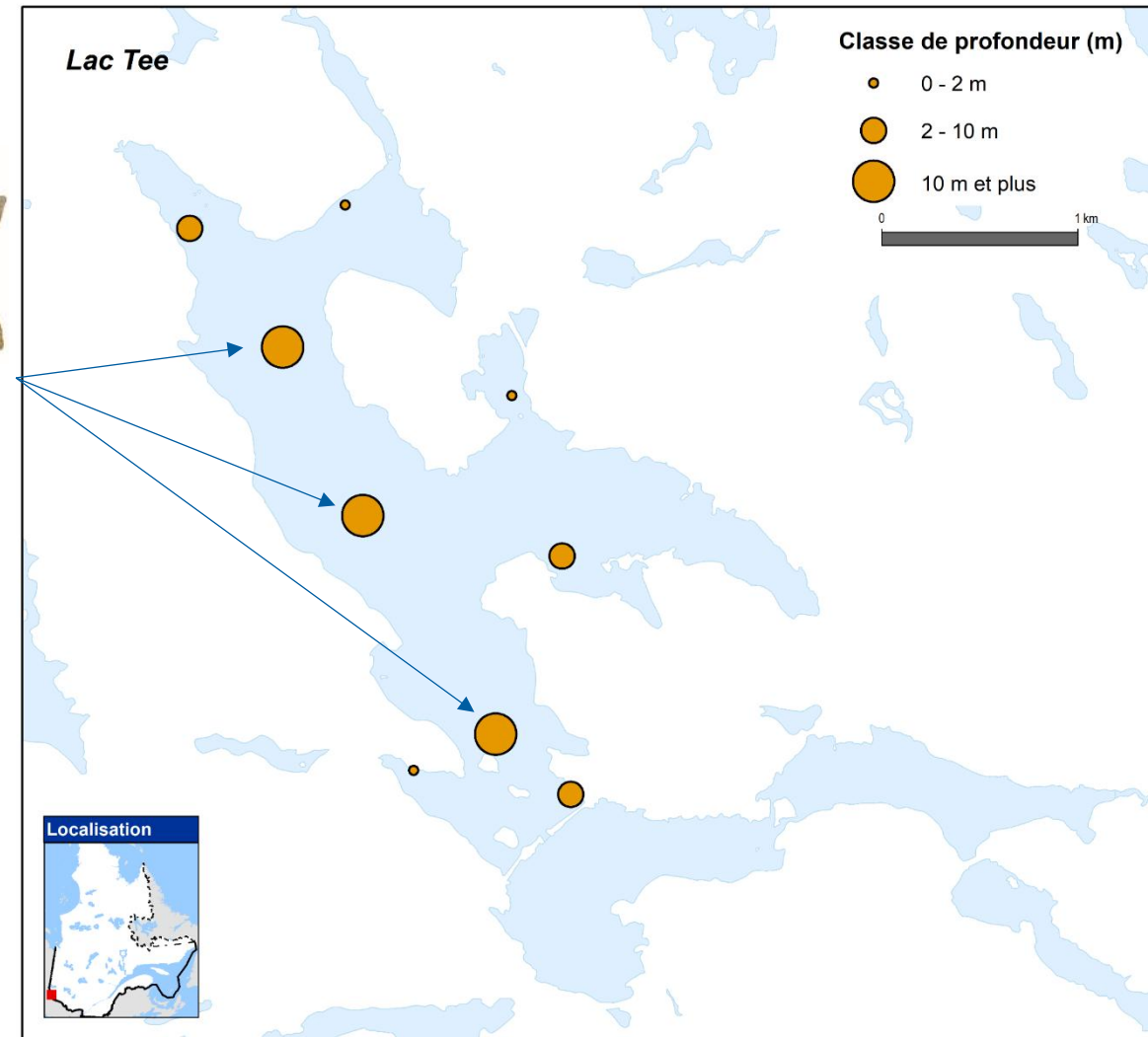
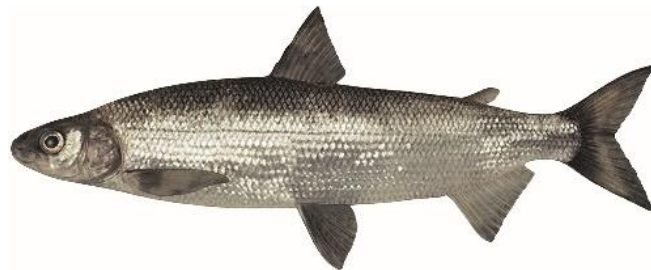
ADNe : où

- L'ADN de 21 espèces détecté

Touladi



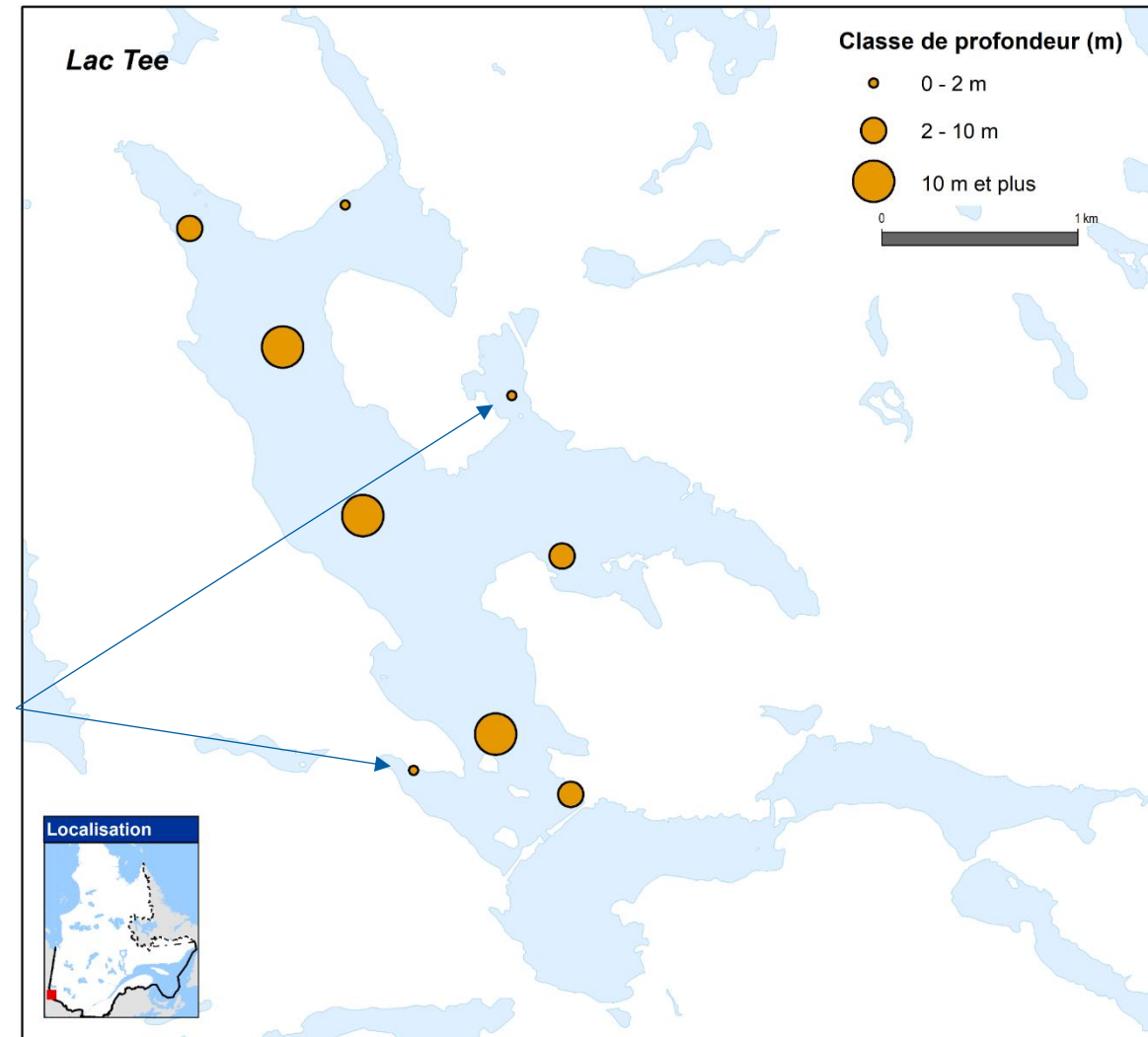
Grand corégone



ADNe : où

- L'ADN de 21 espèces détecté

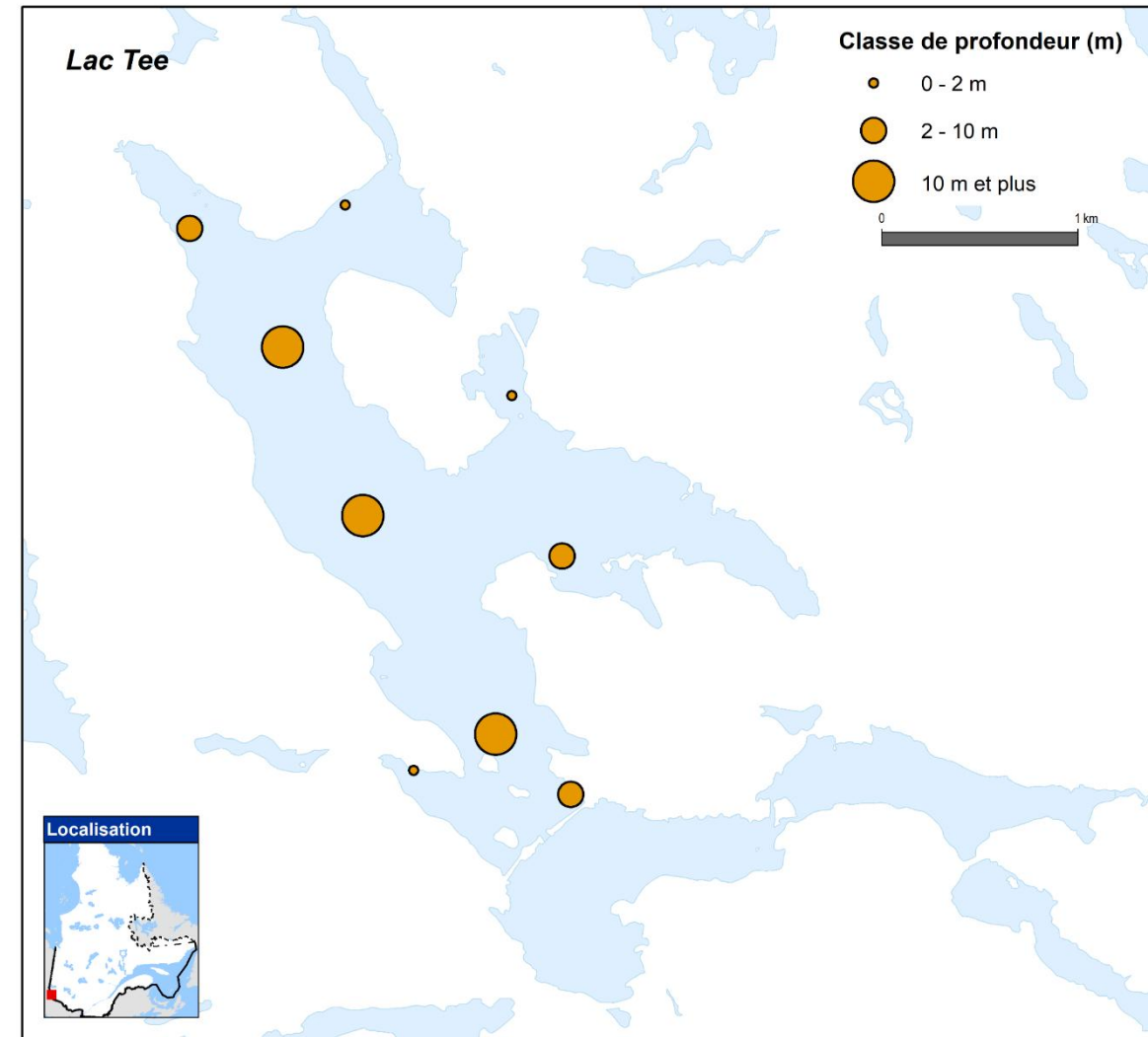
Grand brochet



ADNe : où

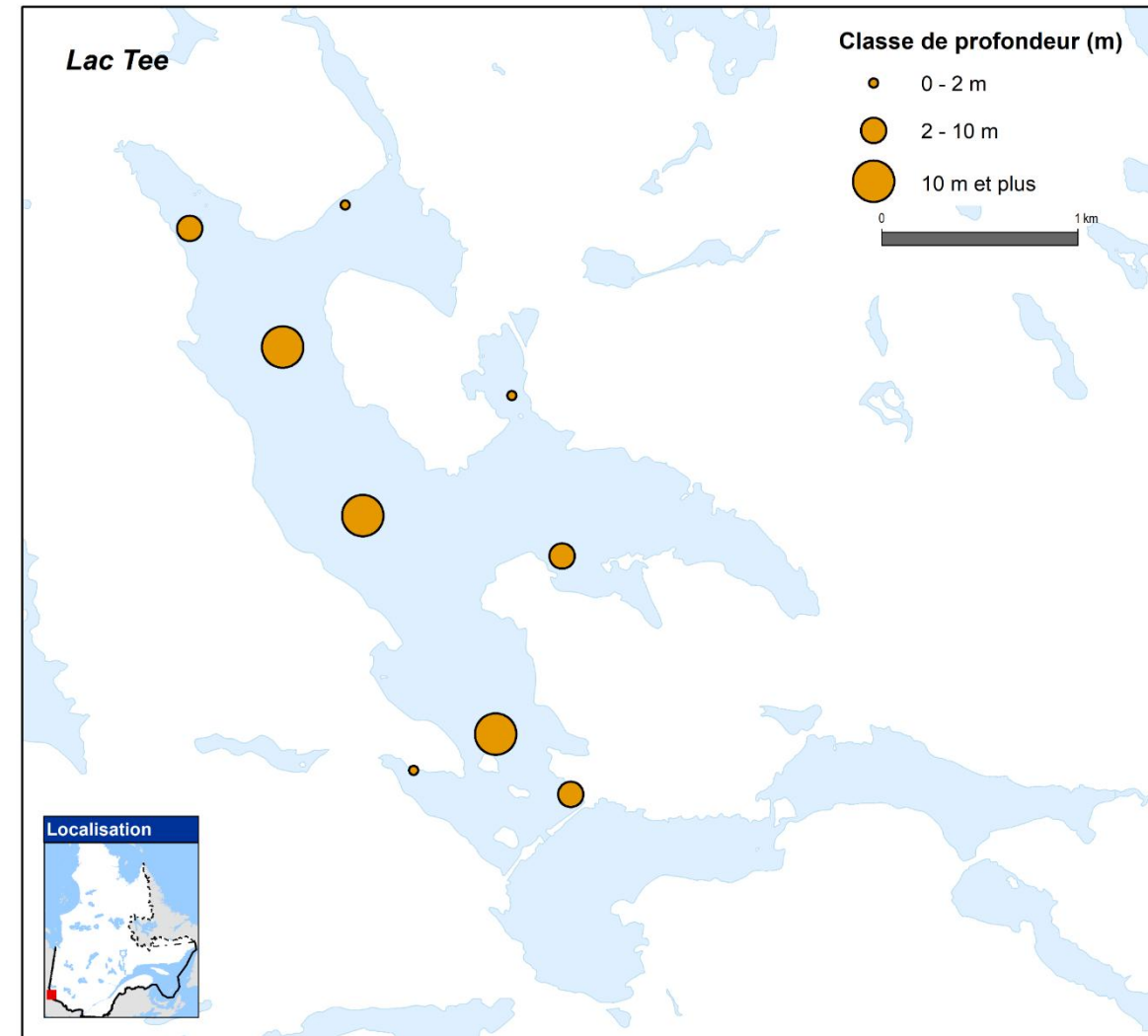
• L'ADN de 21 espèces détecté

Nom commun	Tee-01	Tee-02	Tee-03	Tee-04	Tee-05	Tee-06	Tee-07	Tee-08	Tee-09	Total
Meunier noir	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet de roche	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Crapet-soleil	1	1	1	0	1	0	0	1	1	6
Achigan à petite bouche	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Chabot tacheté ou visqueux	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4
Méné à nageoire rouge	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Méné jaune	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Méné à museau noir	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
Méné à queue tachée	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Méné à museau arrondi	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Mulet à cornes	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Ouitouche	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Grand brochet	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Barbotte brune	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
Dard à ventre jaune	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5
Perchaude	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Fouille-roche zébré	1	1	1	0	1	0	0	1	0	5
Doré jaune	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
Cisco de lac	0	1	0	1	0	1	1	0	0	4
Grand corégone	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
Touladi	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Total	10	10	15	2	13	6	4	11	9	



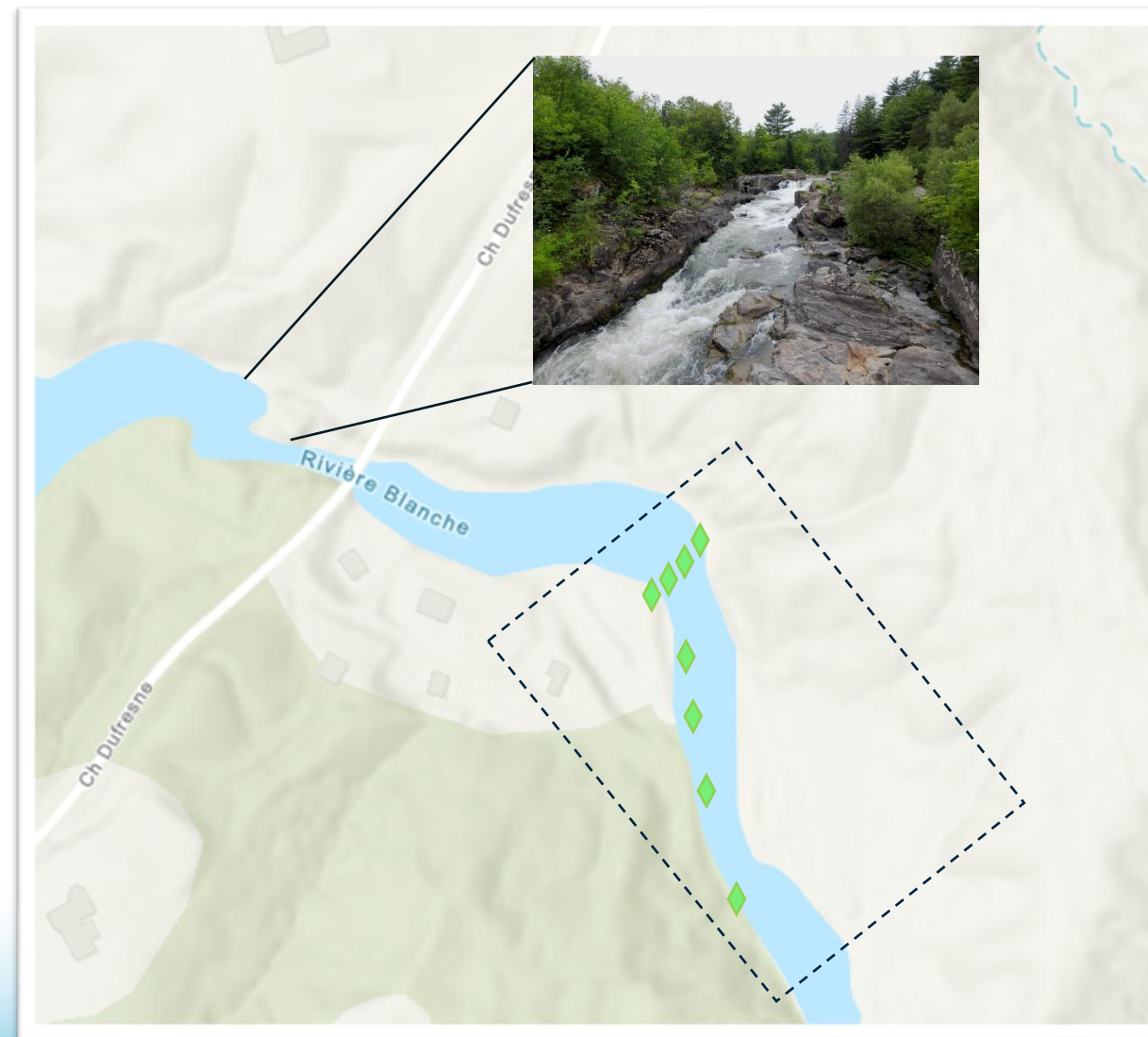
ADNe : où

- L'ADN de 21 espèces détecté
 - Faux négatif pour 2 espèces: meunier rouge et lotte = espèce peu abondante pour cette stratégie d'échantillonnage
 - Faux positif pour 13 espèces: contamination ?, transport d'ADN du lac du Moulin et du réservoir Kipawa en amont ?, inventaire par méthodes traditionnelles incomplet ?
 - Selon les cartes de répartitions, ces 13 espèces sont possibles dans ce secteur



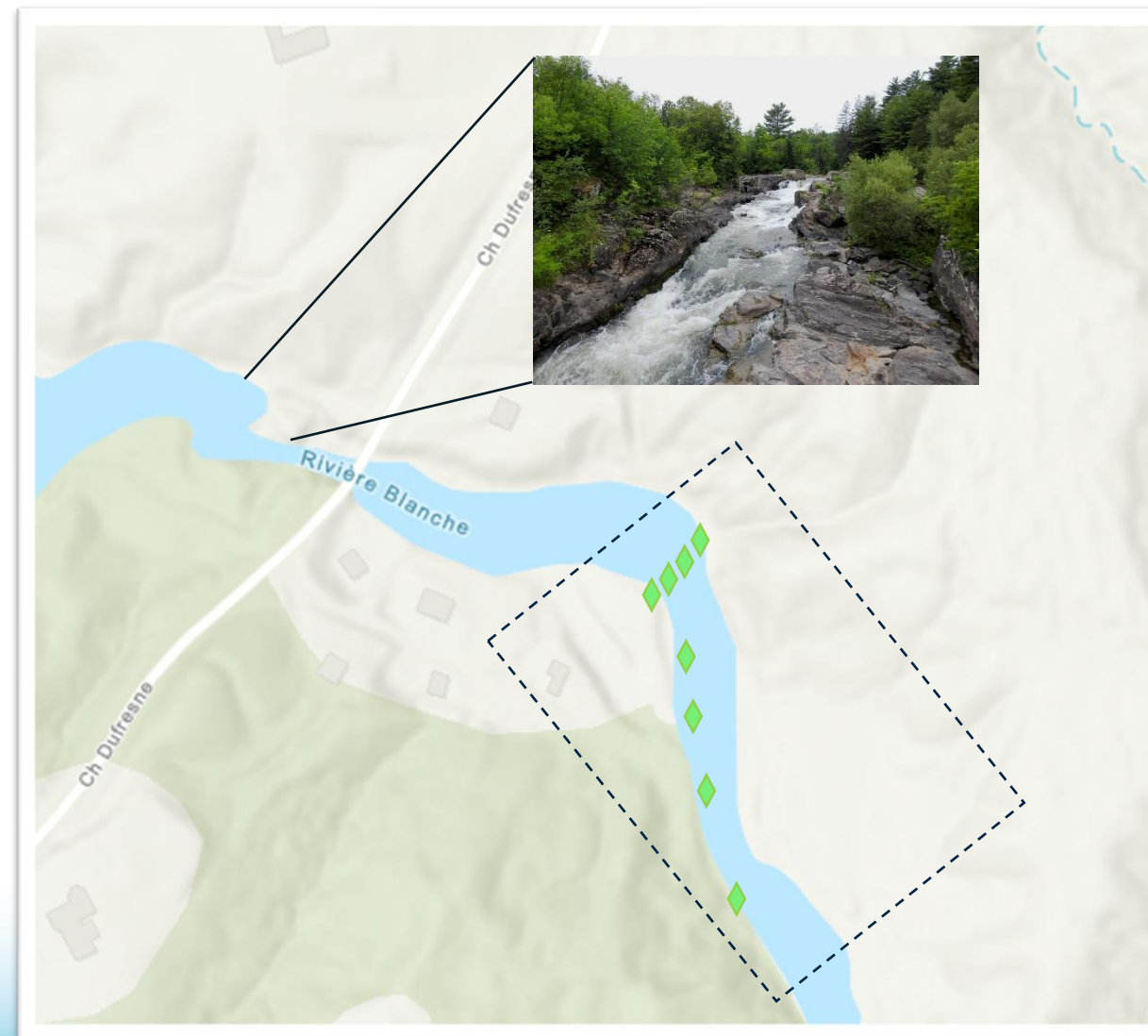
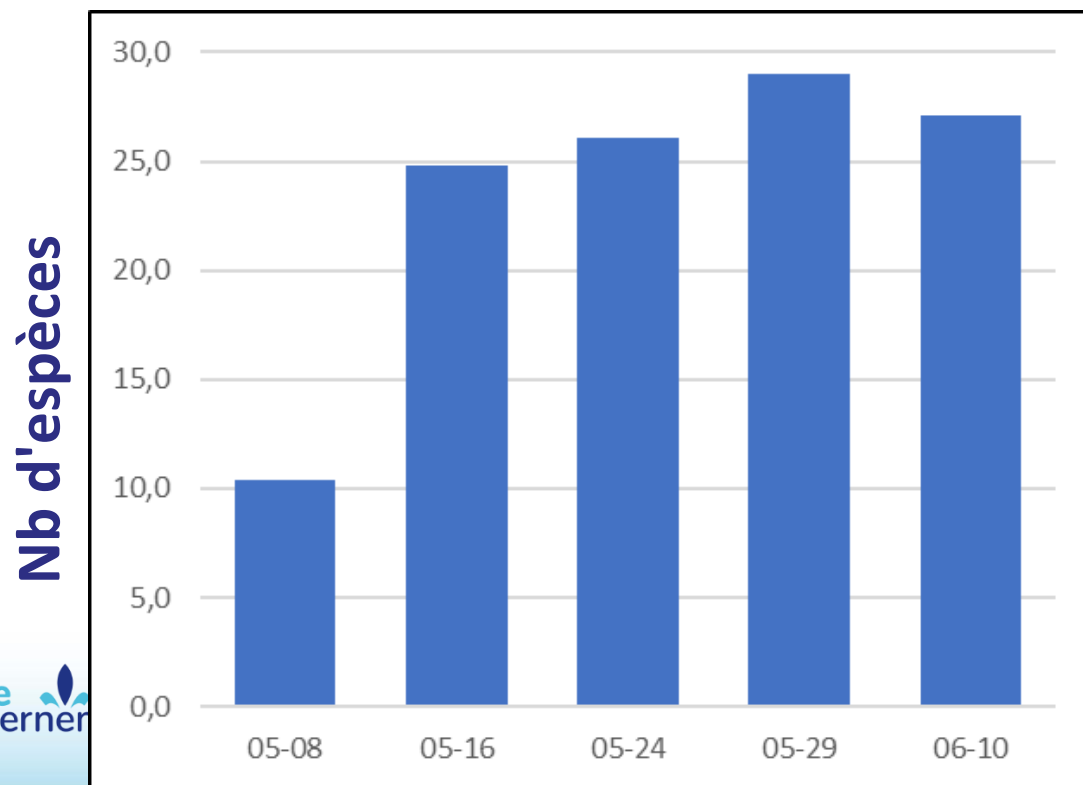
ADNe : quand

- Suivi d'une frayère multi-espèces dans la rivière Blanche, tributaire de la rivière des Outaouais
 - 8 sites échantillonnés à 5 reprises entre le 8 mai et le 10 juin 2024



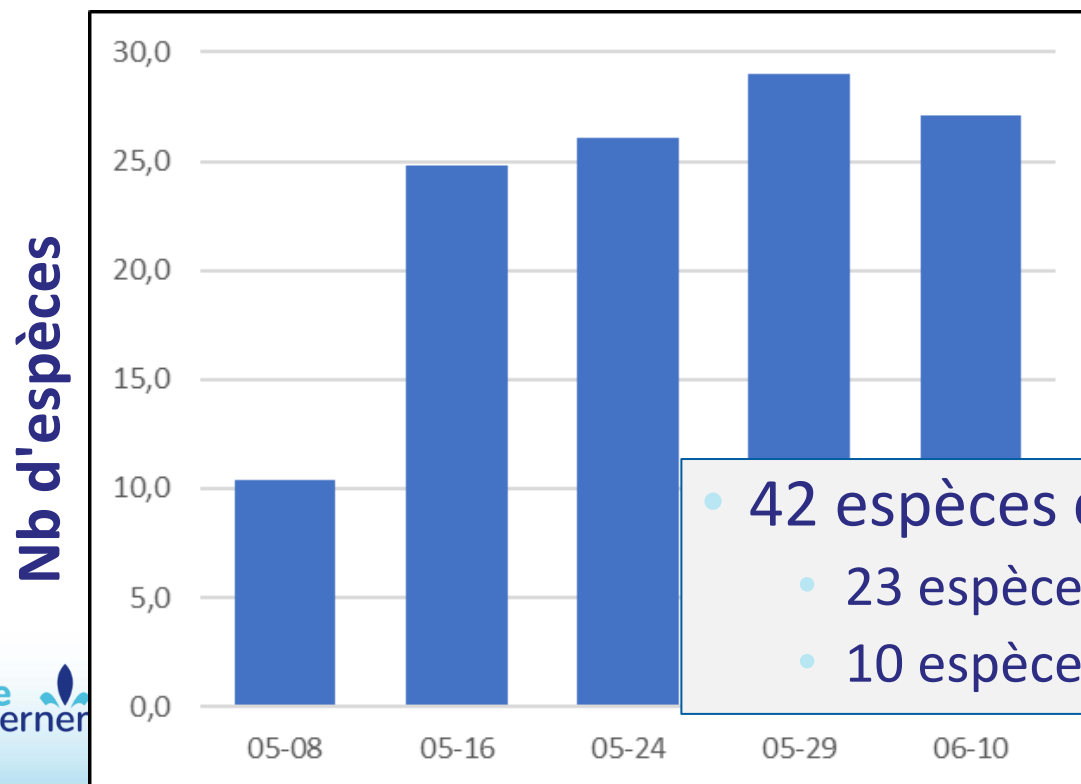
ADNe : quand

- Suivi d'une frayère multi-espèces dans la rivière Blanche, tributaire de la rivière des Outaouais



ADNe : quand

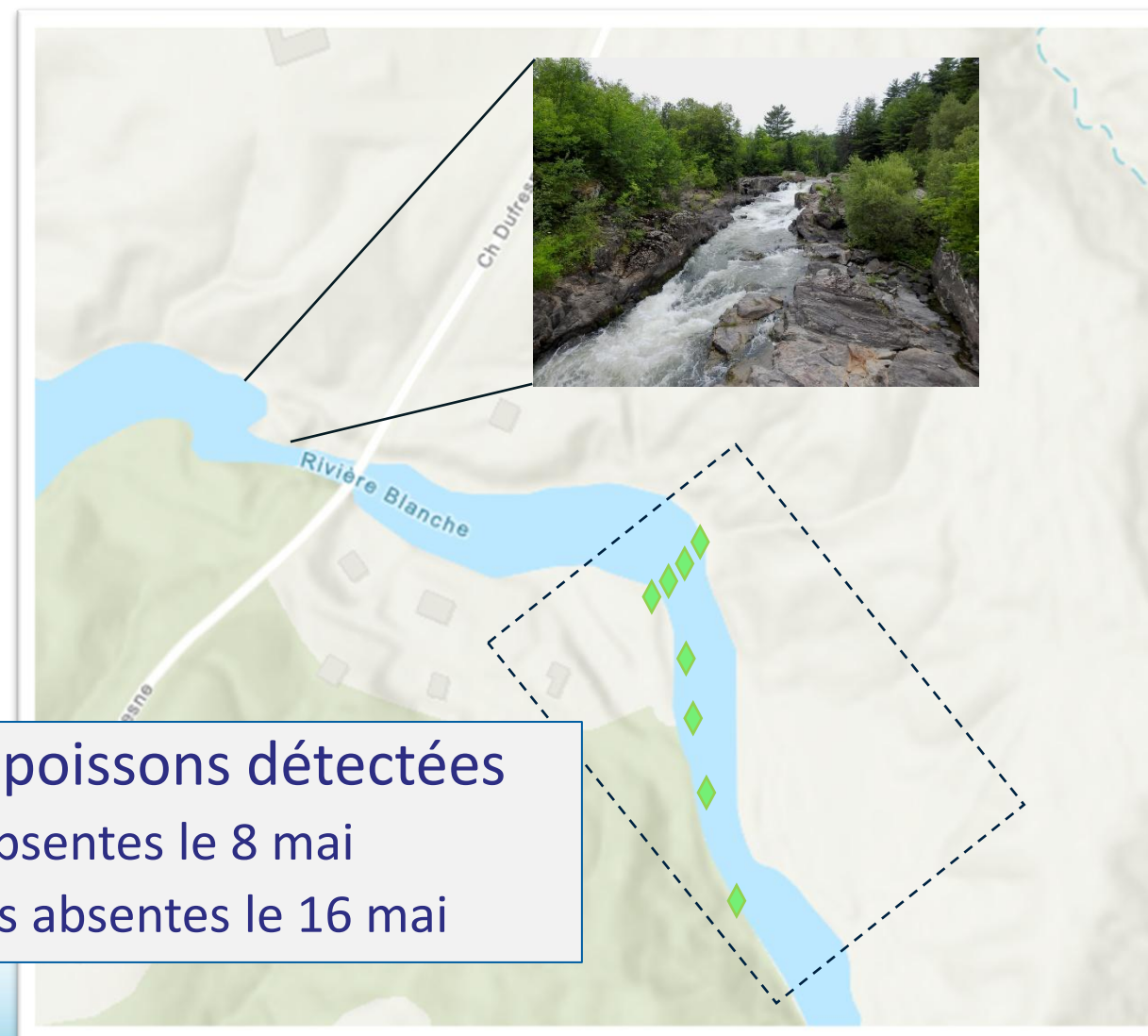
- Suivi d'une frayère multi-espèces dans la rivière Blanche, tributaire de la rivière des Outaouais



- 42 espèces de poissons détectées

- 23 espèces absentes le 8 mai

- 10 espèces tjs absentes le 16 mai



ADNe : l'ADNe comme outil de conservation

Étape 1 : définir clairement l'objectif du projet

- statut allopatrique ? caractérisation d'obstacle ? franchissabilité d'un ponceau ?

Étape 2 : est-ce que l'ADNe est l'outil le plus adapté pour répondre à mon objectif

- avantages/inconvénients de l'ADNe vs méthodes traditionnelles
 - Sensibilité : ADNe > méthodes traditionnelles
 - Ressources humaines et temps : ADNe < méthodes traditionnelles
 - Ressource monétaire : ADNe > méthodes traditionnelles
 - Complexité pour l'interprétation des résultats : ADNe > méthodes traditionnelles

ADNe: l'ADNe comme outil de conservation

Étape 3 : établir la stratégie d'échantillonnage

- Élaboration du plan d'échantillonnage en fonction des objectifs du projet et selon le type d'environnement

Où: répartir l'échantillonnage à l'ensemble du lac, couvrir chaque type d'habitat (zone profonde, littoral, herbier, embouchure tribulaire) selon les objectifs

Quand: Nous recommandons fin de l'été, abondance taille des autres espèces

Combien :

Superficie	Nombre d'échantillons d'ADNe
< 25 ha	5
25 à 50 ha	6
50 à 100 ha	8
101 à 250	10
> 250 ha	10 + 1/125 ha supplémentaires

Conseils disponibles auprès
des biologistes des bureaux
régionaux du MELCCFP

ADNe : l'ADNe comme outil de conservation

Étape 4 : trouver un laboratoire et définir le budget nécessaire

- Identifier un partenaire (académique, privé ou gouvernemental) qui répond à vos besoins en analyse
 - Plateforme analyse génomique
 - Offre tous les services nécessaires une fois l'échantillon récolté
 - Extraction de l'ADN, amplification et séquençage
 - Responsable: Brian Boyle, sequencage@ibis.ulaval.ca
 - Plateforme bio-informatique
 - Offre un support bio-informatique
 - Nettoyage et analyse des données brutes du séquençage
 - Responsable: Eric Normandeau, eric.normandeau@bio.ulaval.ca



ADNe : conclusion et perspectives

- L'ADNe comme outil pour le suivi des communautés de poissons
 - Méthode éprouvée, efficace et non-invasive
 - investissement réduit en ressources humaines et en temps
 - capacité d'étendre à grande échelle
 - complémentaire aux méthodes traditionnelles d'échantillonnage
- L'interprétation des résultats d'ADNe peut être complexe
 - Déterminer les objectifs du projet et si l'ADNe peut aider à y répondre
 - Élaboration du plan d'échantillonnage en fonction des objectifs du projet et selon le type d'environnement

Questions ?

Remerciements

MELCCFP: équipes de terrain et de laboratoire pour la récolte et l'analyse des échantillons

Université Laval: toute l'équipe des plateformes d'analyse génomique et de bioinformatique