

Axe 1 : Continuité écologique piscicole actuelle à l'échelle de l'axe Seine

Action 2 : Modélisation de la continuité écologique



Modélisation de la continuité écologique
Les cours d'eau considérés, les données disponibles
et les scénarios de modélisation envisagés

Marie-Line MERG
Céline LE PICHON

Mars 2020

Table des matières

1. Rappel du principe de la modélisation de la continuité écologique	6
1.1. Identifier les habitats potentiels cibles	6
1.2. Attribuer des résistances aux éléments du paysage	6
1.3. Évaluer la distance hydrographique vs fonctionnelle	7
1.4. Calculer la probabilité d'accès à l'habitat.....	7
2. Les conditions de modélisation dans l'estuaire et le fleuve Seine.....	8
2.1. L'estuaire	8
2.2. Le fleuve Seine.....	9
2.3. La modélisation dans la Seine de la mer vers la confluence de la Marne.....	13
3. Les affluents candidats	15
3.1. L'Austreberthe.....	15
3.1.1. Caractéristiques du cours d'eau	15
3.1.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée	17
3.1.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	17
3.1.4. Les scénarios de modélisation envisagés	19
3.2. L'Eure	21
3.2.1. Caractéristiques du cours d'eau	21
3.2.2. Les espèces à modéliser	22
3.2.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	22
3.2.4. Les scénarios de modélisation envisagés	24
3.3. L'Andelle	26
3.3.1. Caractéristiques du cours d'eau	26
3.3.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée	28
3.3.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	28
3.3.4. Les scénarios de modélisation envisagés	29
3.4. L'Epte	31
3.4.1. Caractéristiques du cours d'eau	31
3.4.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée	32
3.4.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	32
3.4.4. Les scénarios de modélisation envisagés	34
3.5. La Mauldre.....	36
3.5.1. Caractéristiques du cours d'eau	36

3.5.2.	Les espèces à modéliser	37
3.5.3.	Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	37
3.5.4.	Les scénarios de modélisation envisagés	38
3.6.	L'Oise	40
3.6.1.	Caractéristiques du cours d'eau	40
3.6.2.	Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	40
3.7.	La Marne.....	41
3.7.1.	Caractéristiques du cours d'eau	41
3.7.2.	Les espèces à modéliser	41
3.7.3.	Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation	41
4.	Bibliographie	48

Table des Figures

Figure 1: Schéma synthétique représentant les éléments du paysage à prendre en compte dans la modélisation de la continuité écologique. L'attribution des résistances est schématisée par un gradient. Exemple ici d'un saumon Atlantique qui devrait accéder à une zone de frayère depuis l'estuaire.....	7
Figure 2: Synthèse des 4 étapes de la modélisation de la continuité écologique	8
Figure 3: Exemple d'extraction de la température médiane moyennée sur la profondeur pour le mois d'octobre 2009 dans l'estuaire (données projet ARES).....	9
Figure 4: Exemple de modélisation de l'oxygène dissous pour l'année 2010 (modélisation PROSE-1P, Aurélien Bordet, Shuaitao Wang et Nicolas Flipo). Mars: Tmoy = 8,5 °C ; Qmoy = 334 m³/s ; Juin: Tmoy = 19,5 °C ; Qmoy = 109 m³/s ; Oct.: Tmoy = 12,6 °C ; Qmoy = 178 m³/s.....	10
Figure 5: Exemple de données disponibles issues du schéma des berges. Exemple de la Seine aux Trois lacs.	11
Figure 6: Fiche synthétique des données disponibles pour la modélisation de la continuité écologique sur l'estuaire et la Seine	12
Figure 7: Exemple de modélisation de la mer vers un affluent la Mauldre.	13
Figure 8: Carte des affluents candidats pour la modélisation de la continuité écologique.....	15
Figure 9: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Austreberthe (en vert) (source: ROE, 2019)	17
Figure 10: Aménagement des berges et rectification de l'Austreberthe (source: SIRAS)	17
Figure 11: Confluence de l'Austreberthe avec la Seine (à droite) et variation de l'élévation du niveau d'eau en fonction des coefficients de marée (à gauche) (Le Pichon and Alp, 2018).	18
Figure 12: Les stations de mesure de physico-chimie sur l'Austreberthe (source Naïades)	19
Figure 13: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Austreberthe	20
Figure 14: Ouvrage de Martot avant et après effacement (décembre 2018) (Source: (FDAAPPMA27, 2019).....	21
Figure 15: Complexe d'ouvrages de Louviers sur l'Eure, marquant le front de colonisation de la lamproie marine (source AAPPMA27, 2018).....	21
Figure 16: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Eure (en vert) (source ROE, 2019)	22
Figure 17: Les stations de mesure de physico-chimie sur l'Eure dans le département de l'Eure (source Naïades) et les stations de suivi thermie AAPPMA27	23
Figure 18: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Eure. P: priorité de modélisation.....	25

Figure 19: Moulin de Bétillé (ROE535), ouvrages bloquant induisant des reproductions forcées de lamproies marines sur l'Andelle (source AAPPMA, 2013).	26
Figure 20: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Andelle (en vert) (source ROE, 2019).....	27
Figure 21: État physico-chimique des masses d'eau du bassin de l'Andelle (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie – Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN)	27
Figure 22: Les stations de mesures physico-chimiques sur l'Andelle (source Naïades) et la station de suivi thermie AAPPMA27	28
Figure 23: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Andelle. P: priorité de modélisation.....	30
Figure 24: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Epte (en vert) (source ROE, 2019)	31
Figure 25: État physico-chimique des masses d'eau de l'Epte (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie - Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN).....	32
Figure 26: Les stations de mesures physico-chimiques sur l'Epte (source Naïades) et stations de suivi thermie AAPPMA27.....	33
Figure 27: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Epte. P: priorité de modélisation.....	35
Figure 28: État physico-chimique des masses d'eau du bassin de la Mauldre (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie – Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN)	36
Figure 29: Les stations de mesure de physico-chimie sur la Mauldre (source Naïades) à gauche et géolocalisation des sondes thermiques COBAHMA à droite	37
Figure 30: Les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur la Mauldre (source ROE, 2019)	38
Figure 31: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur la Mauldre.....	39
Figure 32: Tracé du projet du Canal Seine-Nord Europe (source: www.canal-seine-nord-europe.fr)	40

1. Rappel du principe de la modélisation de la continuité écologique

Dans ce projet, l'objectif de la modélisation de la continuité écologique piscicole est d'évaluer la potentialité d'accès, pour une espèce donnée, à un habitat (frayère, zone de repos, zone d'alimentation, etc.).

La modélisation de la continuité écologique piscicole comprend 4 étapes :

1.1. Identifier les habitats potentiels cibles

Pour chaque espèce, l'identification des habitats potentiels cibles pourra se faire en croisant les données de préférences des espèces choisies avec les données environnementales disponibles de substrat, faciès, température, présence d'abris/zone de repos liés à la végétation, etc.

À l'aide d'un logiciel SIG, il sera alors possible de générer des patchs d'habitat potentiel.

1.2. Attribuer des résistances aux éléments du paysage

La deuxième étape consiste en une évaluation des résistances du paysage. Sur son parcours pour accéder son habitat cible, l'espèce va rencontrer des éléments du paysage qui pourront faciliter son déplacement ou à l'inverse le contraindre.

L'identification de ces éléments du paysage pourra se faire en utilisant des données relatives :

- à la présence d'obstacles,
- à la présence d'abris/zone de repos (végétation aquatique, rivulaire, embâcles, milieux annexes),
- aux périodes de flot ou de jusant liées aux marées qui vont pouvoir faciliter ou contraindre la progression vers l'amont dans l'estuaire,
- à la qualité physico-chimique, qui lorsqu'elle est mauvaise peut agir comme un obstacle.

À chacun de ces éléments du paysage, et en fonction des caractéristiques écologiques et physiologiques des espèces (capacité de nage, tolérance à la pollution, risque de prédation), une note de résistance sera attribuée (Figure 1). Plus la note sera élevée (>1), plus la résistance sera forte et plus le parcours sera contraignant et difficile à parcourir pour l'espèce (présence d'obstacles infranchissables, pollution importante). Une résistance neutre (note=1) traduira une absence de contrainte. Une note faible (<1) traduira une aide au parcours (le flot, des zones de repos sur le parcours, etc.).

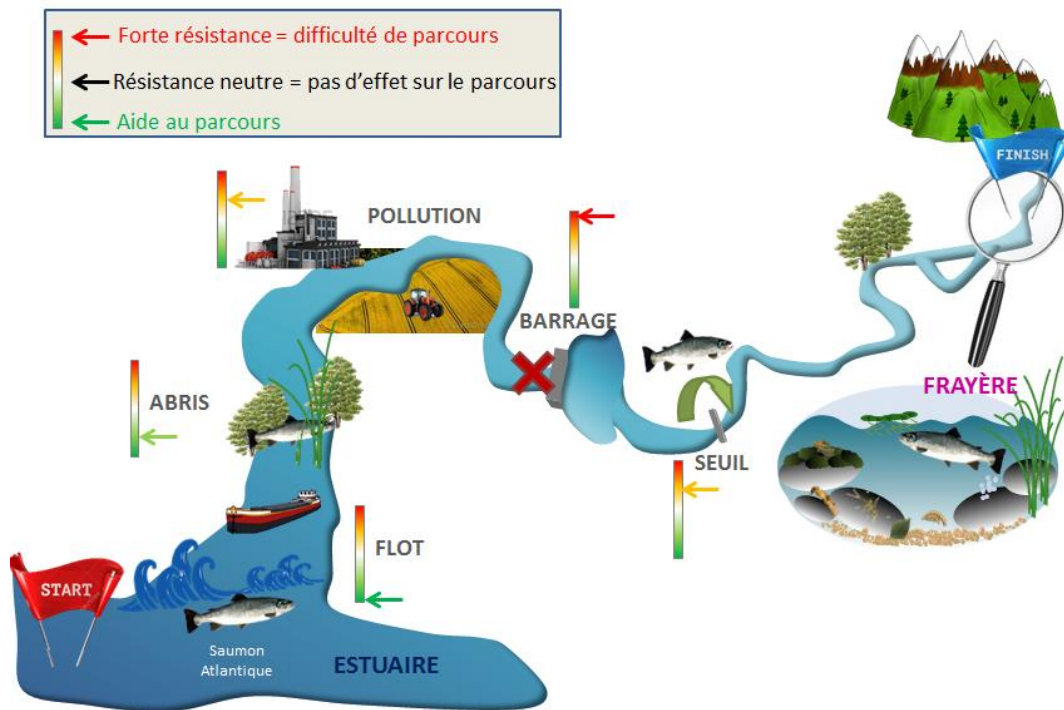


Figure 1: Schéma synthétique représentant les éléments du paysage à prendre en compte dans la modélisation de la continuité écologique. L'attribution des résistances est schématisée par un gradient. Exemple ici d'un saumon Atlantique qui devrait accéder à une zone de frayère depuis l'estuaire.

1.3.Évaluer la distance hydrographique vs fonctionnelle

La troisième étape de la modélisation consiste à calculer deux types de distance : la distance hydrographique et la distance fonctionnelle. Cette étape est réalisée à partir du logiciel ANAQUALAND 3.0. La distance hydrographique correspond à la distance la plus courte le long du linéaire hydrographique. La distance fonctionnelle correspond à une pondération de la distance hydrographique, prenant en compte les résistances du paysage. Cette distance se base sur le concept de résistance cumulée minimale (RCM). À la suite de ce calcul, le logiciel ANAQUALAND 3.0 génère une cartographie des RCM (Figure 2).

Pour exemple, dans le cas d'un paysage très contraignant, la distance fonctionnelle sera plus élevée que la distance hydrographique.

1.4.Calculer la probabilité d'accès à l'habitat

La dernière étape de modélisation est de calculer la probabilité d'accès à l'habitat cible par l'espèce. Ce calcul est réalisé dans le logiciel ANAQUALAND 3.0 (Figure 2).

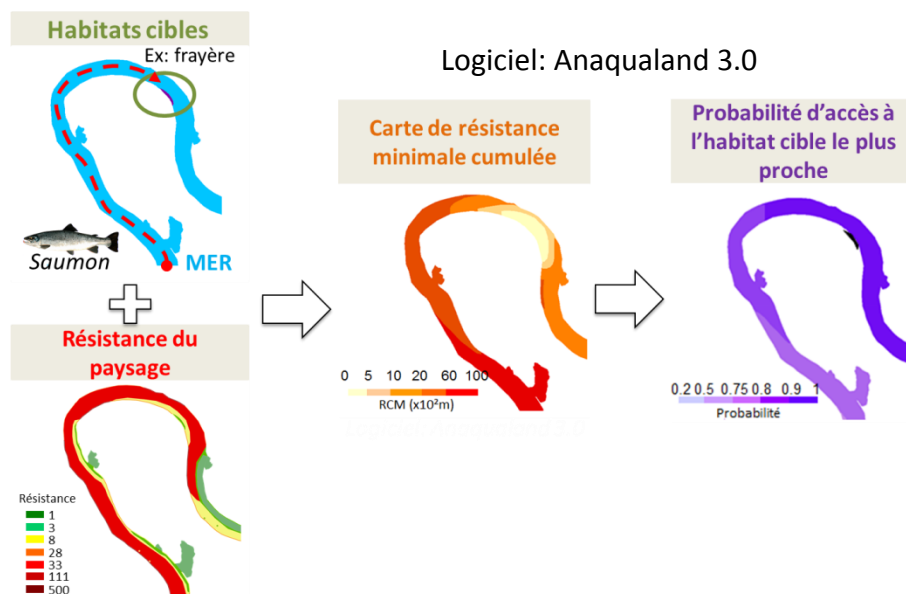


Figure 2: Synthèse des 4 étapes de la modélisation de la continuité écologique

2. Les conditions de modélisation dans l'estuaire et le fleuve Seine

2.1.L'estuaire

L'emprise spatiale considérée pour la modélisation dans l'estuaire

Afin de simplifier l'emprise spatiale et de réduire les temps de calcul, nous avons fait le choix de considérer uniquement la partie de l'estuaire d'Honfleur à Poses.

Les données disponibles

Les données relatives à la continuité écologique dans l'estuaire (d'Honfleur à Poses) seront mobilisées auprès du GIP Seine aval.

Le modèle CurviSeine a été développé dans le cadre du projet ARES (www.seine-aval.fr/projet/ares). Ce modèle couple les 3 modèles MARS3D-MUSTANG-WAVEWATCH3 et permet notamment d'obtenir en sortie, pour un pas de temps de 30 min et sur la période de 2009 à 2018, la hauteur d'eau, la vitesse de courant, la température de l'eau et la concentration en MES modélisée pour 10 profondeurs. Ce modèle ne permet pas de modéliser la concentration en oxygène dans l'estuaire; à voir donc si cette donnée pourra être mobilisée.

Ces variables de sortie seront utilisées pour caractériser la continuité écologique dans l'estuaire. Pour cela, on pourra par exemple extraire les valeurs statistiques de ces variables (q25, q50, q75) (voir exemple Figure 3) pour les périodes migratoires des espèces considérées. Ces valeurs pourront être extraites pour des années à hydrologie "normale" mais aussi pour des années à hydrologie exceptionnelle (sécheresse et crue). Cela permettra de mettre en avant les effets possibles de ces années sur la continuité écologique.

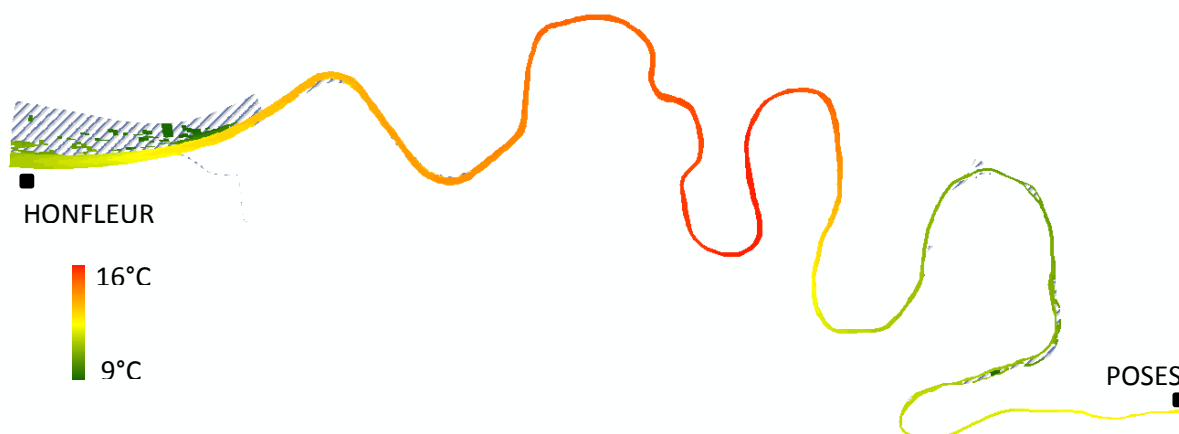


Figure 3: Exemple d'extraction de la température médiane moyennée sur la profondeur pour le mois d'octobre 2009 dans l'estuaire (données projet ARES)

Les données relatives aux types de sédiment dans l'estuaire ont pu être collectées auprès du GIP Seine aval. Ces données nous permettront d'identifier les habitats potentiels des différentes espèces en tenant compte de leur préférendum. Par ailleurs, des données de végétation rivulaire sont également disponibles et pourront être mobilisées pour identifier d'éventuelles zones de refuge.

Des données relatives aux ouvrages, aménagements des berges et digues de calibrage sont également disponibles (GIP Seine-Aval, 2011).

2.2. Le fleuve Seine

L'emprise spatiale considérée pour la modélisation dans la Seine

Le fleuve Seine sera ici considéré depuis le barrage de Poses jusqu'à Paris.

Les données disponibles

Les données relatives à la continuité écologique dans l'estuaire (d'Honfleur à Poses) seront mobilisées auprès de différentes sources.

Le modèle hydrodynamique et biogéochimique ProSe-P a été développé par l'école des Mines. Ce modèle permet notamment d'obtenir en sortie la hauteur d'eau, la vitesse de courant, la température de l'eau et l'oxygène dissous au niveau de chaque maille (taille des mailles à préciser). Le pas de temps de modélisation et la période disponible ne sont pas encore connus. Un exemple pour l'année 2010 est donné à titre illustratif et montre l'évolution longitudinale des valeurs d'oxygène dissous (Figure 4).

Ces variables de sortie seront mobilisées pour caractériser la continuité écologique dans le fleuve Seine. Pour cela, on pourra par exemple extraire les valeurs statistiques de ces variables (q25, q50, q75) pour les périodes migratoires des espèces considérées. Ces valeurs pourront être extraites pour des années à hydrologie normale mais aussi pour des années à hydrologie exceptionnelle (sécheresse et crue). Cela permettra de mettre en avant les effets possibles de ces années sur la continuité écologique.

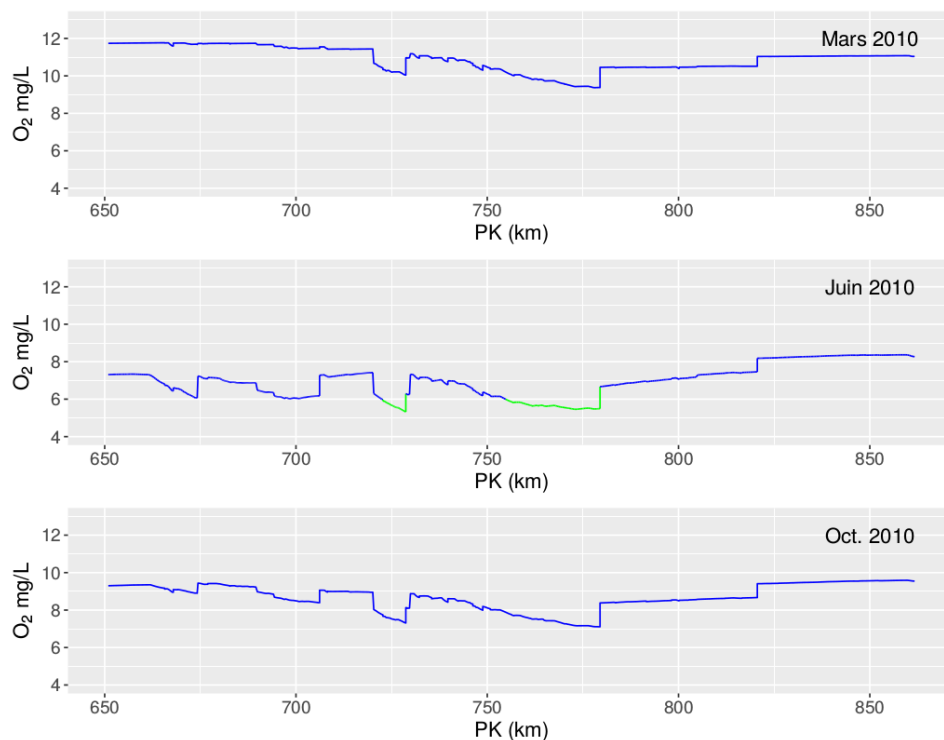


Figure 4: Exemple de modélisation de l'oxygène dissous pour l'année 2010 (modélisation PROSE-1P, Aurélien Bordet, Shuaitao Wang et Nicolas Flipo). Mars: $T_{\text{moy}} = 8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $Q_{\text{moy}} = 334 \text{ m}^3/\text{s}$; Juin: $T_{\text{moy}} = 19,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $Q_{\text{moy}} = 109 \text{ m}^3/\text{s}$; Oct.: $T_{\text{moy}} = 12,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $Q_{\text{moy}} = 178 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nous ne disposons pas à ce jour de données relatives aux types de sédiments dans la partie fleuve.

Le schéma des berges de l'Eure et de l'Ile de France réalisé par l'Institut Paris Région (2019 et 2012) permettra d'apporter des informations synthétiques relatives à la nature des berges, leur niveau de pression, à la présence de végétation aquatique, d'hélophytes, d'annexes aquatiques et d'embâcles (Figure 5). Ces données pourront être mobilisées pour identifier d'éventuelles zones d'abris.

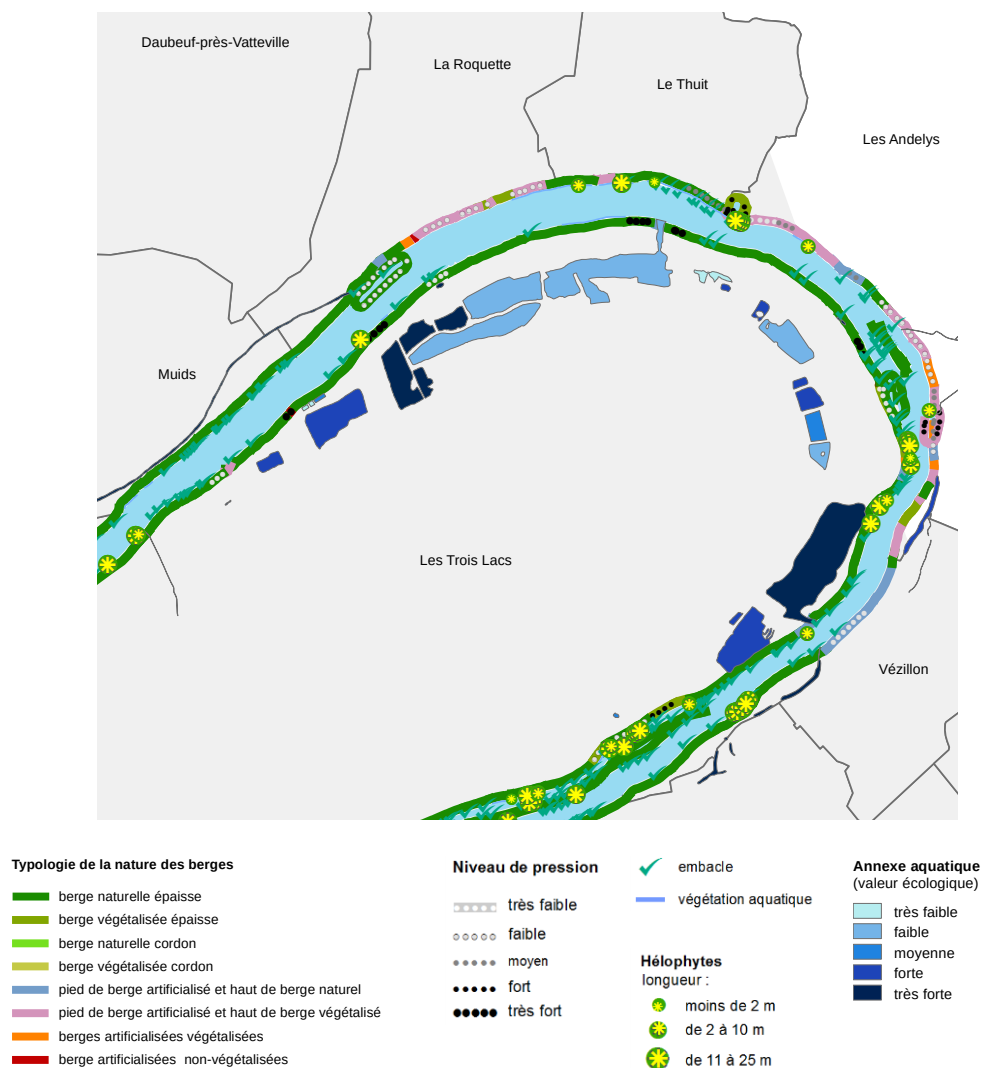


Figure 5: Exemple de données disponibles issues du schéma des berges. Exemple de la Seine aux Trois lacs.

Les données relatives aux ouvrages sur le fleuve Seine seront mobilisées à partir du ROE (AFB, 2019).

ESTUAIRE (d'Honfleur à Poses)		
État des berges		-zone végétation BD TOPO® -végétation rivulaire et aménagement des berges (étude RIVES)
Physico-chimie		-modèle CurviSeine (projet ARES) pour T°C et MES (données d'oct. 2009 à 2018; $\Delta t=30\text{min}$) -12 stations de mesure (O_2 , T°C, etc.)
Sédiments		-substrat simplifié
Ouvrages		-digues de calibrage (études RIVES) et autres ouvrages
Hauteur/Vitesse		-modèle CurviSeine (projet ARES) pour chaque maille (données d'oct. 2009 à 2018; $\Delta t=30\text{min}$)

SEINE (de Poses à Charenton le Pont - confluence Marne)		
État des berges		-zone végétation BD TOPO® -pression des berges -état des berges -végétation aquatique et embâcles
Physico-chimie		-modèle ProSe-P pour chaque maille? O_2 , T°C ? (période dispo ?; $\Delta t=?$) -14 stations de mesure (O_2 , T°C, etc.)
Sédiments		-pas de données disponibles
Ouvrages		-ROE (2019) + ICE (franchissabilité)
Hauteur/Vitesse		-modèle ProSe-P pour chaque maille? (données ?; $\Delta t=?$)

Figure 6: Fiche synthétique des données disponibles pour la modélisation de la continuité écologique sur l'estuaire et la Seine

2.3. La modélisation dans la Seine de la mer vers la confluence de la Marne

La modélisation de continuité écologique pour les espèces grandes migratrices se fait de la mer vers chacun des affluents choisis. Cette modélisation étant continue, elle mobilise successivement un calcul dans l'estuaire, puis vers le fleuve puis vers l'affluent considéré (exemple ci-dessous de la modélisation de la mer vers la Mauldre). Outre les scénarios de modélisation dans les affluents présentés dans les sections suivantes, des scénarios de modélisation dans la Seine elle-même, à la fois pour sa partie estuarienne mais aussi pour sa partie fluviale seront choisis.

Dans un premier temps nous ferons varier les conditions hydrologiques comme il a été dit précédemment pour tenir compte de cette variabilité dans l'estimation de la continuité écologique. Notamment, les périodes de migration de chaque espèce définiront des conditions de débits, températures et oxygène qui seront potentiellement pris en compte.

Ensuite d'autres scénarios prospectifs pourraient être proposés, comme l'évolution de l'oxygénation du fleuve en lien avec la mise en place de microcentrale électrique (étude prévue dans le cadre de CONSACRE) ou des évolutions de l'état des berges suite à des restaurations écologiques.

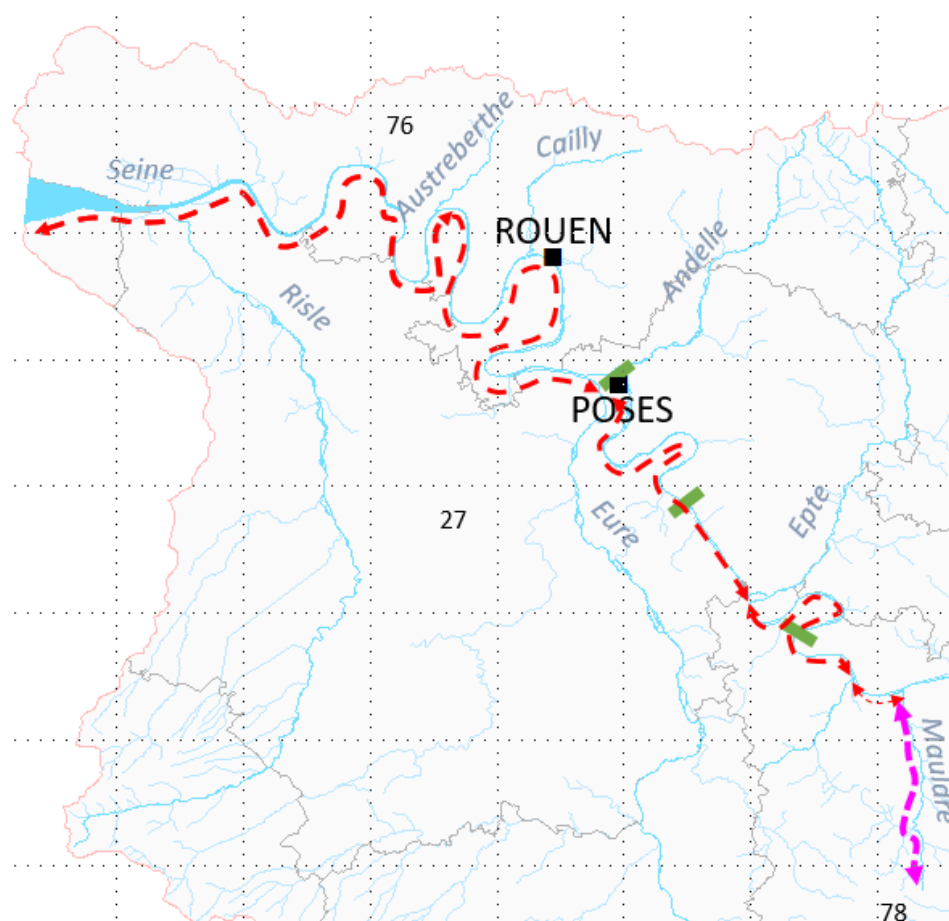


Figure 7: Exemple de modélisation de la mer vers un affluent la Mauldre.

Dans la suite du document, les scénarios propres à chaque affluent sont présentés mais tous supposent un calcul qui intègre la Seine, soit l'estuaire pour les affluents à l'aval de Poses, soit l'estuaire puis le fleuve pour les affluents en amont de Poses (cas de la Mauldre sur la Figure 7).

À noter que la Risle et le Caillly ne sont pas proposés dans cette liste car ils ont été modélisés au cours d'un précédent projet, Anacondha (2013-2017), financé par le GIPSA (rapport disponible sur <https://www.seine-aval.fr/projet/anacondha/>).

3. Les affluents candidats

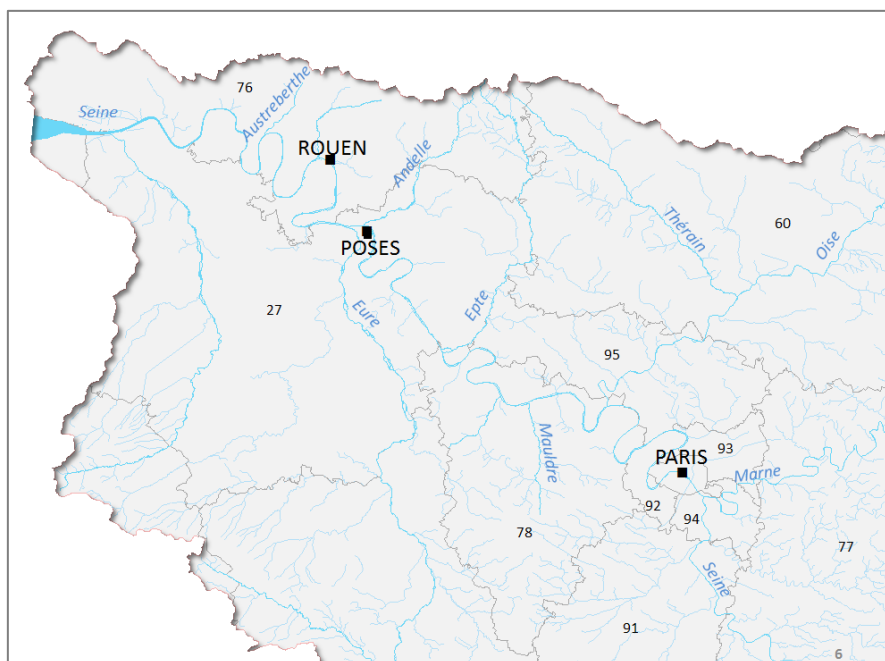


Figure 8: Carte des affluents candidats pour la modélisation de la continuité écologique

3.1.L'Austreberthe

3.1.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

L'Austreberthe est un affluent rive droite de la Seine. La rivière prend sa source à Sainte-Austreberthe et parcourt 18 km dans le département de la Seine-Maritime avant de se jeter dans la Seine à Duclair.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

L'Austreberthe est un cours d'eau de type salmonicole, dont l'espèce repère est la truite fario (*Salmo trutta*) et compte trois espèces de grands migrateurs : la truite de mer (*Salmo trutta trutta*), le saumon Atlantique (*Salmo salar*) et l'anguille (*Anguilla anguilla*). Bien qu'elles n'aient pas été récemment inventoriées, le PDPG 76 (2007) indique que l'Austreberthe pourrait également accueillir des espèces comme la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*) et le flet (*Platichthys flesus*).

Les pressions anthropiques

L'Austreberthe est classée en Liste 1 et Liste 2 (voir encadré 1). Ce classement implique donc la mise en place d'actions visant à assurer la continuité écologique en intervenant sur les obstacles existants.

Encadré 1:

L'article L.214-17 du code de l'environnement a prévu des classements de cours d'eau sur lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs (Liste 2). Ces listes ont été arrêtées par les préfets coordonnateurs de bassin entre juillet 2012 et octobre 2013 en métropole continentale et en 2014-2015 en Corse et en Outre-Mer.

Ces classements emportent des obligations d'interventions adaptées sur les ouvrages existants sur ces cours d'eau, dans un délai de cinq ans après le classement, prolongeable dans certains cas de cinq ans supplémentaires.

Ce même article a prévu également des classements de cours d'eau parmi ceux en très bon état écologique, ceux jouant le rôle de réservoirs biologiques et ceux nécessitant une protection complète des poissons amphihalins (qui accomplissent leur cycle de vie en eau douce et en eau salée), sur lesquels aucune construction nouvelle d'un ouvrage constituant un obstacle à la continuité écologique ne peut être autorisée (Liste 1).

Ainsi le classement en Liste 1 empêche la construction d'ouvrages nouveaux constituant un obstacle à la continuité, notamment de type seuils et barrages, et le classement en Liste 2 impose d'assurer une migration des poissons et un transport sédimentaire suffisants, en intervenant sur les obstacles existants.

Les deux objectifs sont complémentaires, en particulier sur les axes à grands migrateurs sur lesquels il faut à la fois ne pas ajouter d'obstacles et améliorer la continuité écologique au niveau des obstacles existants, pour permettre à ces poissons de rejoindre les habitats leur permettant d'effectuer leur cycle de vie. De nombreux tronçons de cours d'eau sont donc logiquement classés dans les deux listes.

Ainsi, dans le cadre du programme de continuité écologique "apaisée", 3 ouvrages hydrauliques ont été identifiés comme prioritaire 1 sur l'Austreberthe (voir annexe 2 du courrier du Préfet de la région Normandie (2019)).

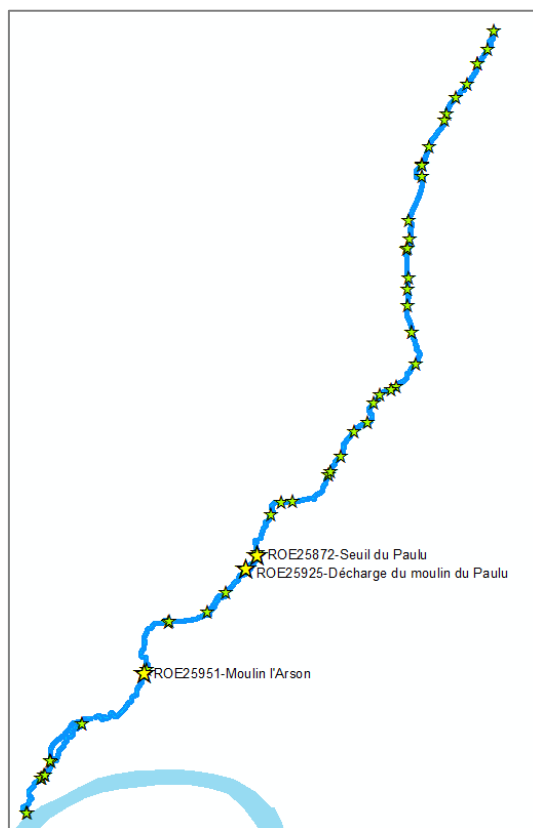


Figure 9: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Austreberthe (en vert) (source: ROE, 2019)

A la problématique des ouvrages bloquant s'ajoutent également des pressions liées à l'**artificialisation des berges** (absence de ripisylve sur la moitié du linéaire) et à la **rectification du cours d'eau** induisant une altération de l'hydromorphologie naturelle (SIRAS, 2019).



Figure 10: Aménagement des berges et rectification de l'Austreberthe (source: SIRAS)

3.1.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée

La continuité écologique sera modélisée depuis la mer jusqu'aux habitats potentiels dans l'affluent pour 3 espèces de grands migrateurs : la truite de mer, le saumon Atlantique ainsi que la lamproie marine.

3.1.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

Les données relatives à la continuité écologique dans l'affluent seront mobilisées auprès de diverses sources.

Au niveau de la confluence, la hauteur de la cote de fond de l'Austreberthe est un paramètre important à considérer dans l'attribution des résistances. En effet, cette hauteur est élevée par rapport au fond du lit de la Seine, ainsi en période de très basse eau (coefficient de marée élevé) un risque de déconnexion de l'affluent est possible.

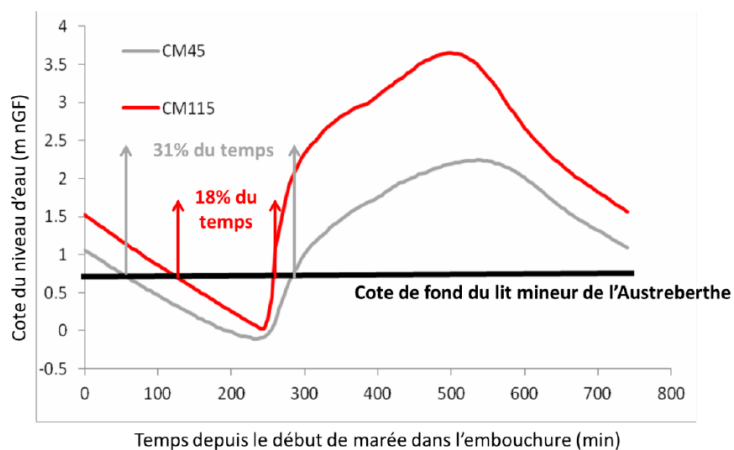


Figure 11: Confluence de l'Austreberthe avec la Seine (à droite) et variation de l'élévation du niveau d'eau en fonction des coefficients de marée (à gauche) (Le Pichon and Alp, 2018).

Les données relatives à la description des faciès et substrat ont pu être collectées auprès du SIRAS (Syndicat Intercommunal des Rivières Austreberthe et Saffimbec) et sont issues d'une campagne réalisée en 2009 par le bureau d'étude SOGETI Ingénierie, cela sur les 18 km de linéaire du cours d'eau. Les données de substrat et de faciès nous permettront d'identifier les habitats potentiels des différentes espèces en tenant compte de leur préférendum.

Les données de physico-chimie (oxygène et température) pourront être mobilisées depuis le site Naiades (www.naiades.eaufrance.fr). Sur l'Austreberthe, 3 stations de mesures sont présentes. Les données d'oxygène et de température pourront être extraites sur plusieurs années (10 ans par exemple) et moyennées sur les périodes de migration des espèces considérées pour des années "chaudes" et des années "classiques". Cela nous permettra d'évaluer l'effet des années chaudes sur la continuité physico-chimique.

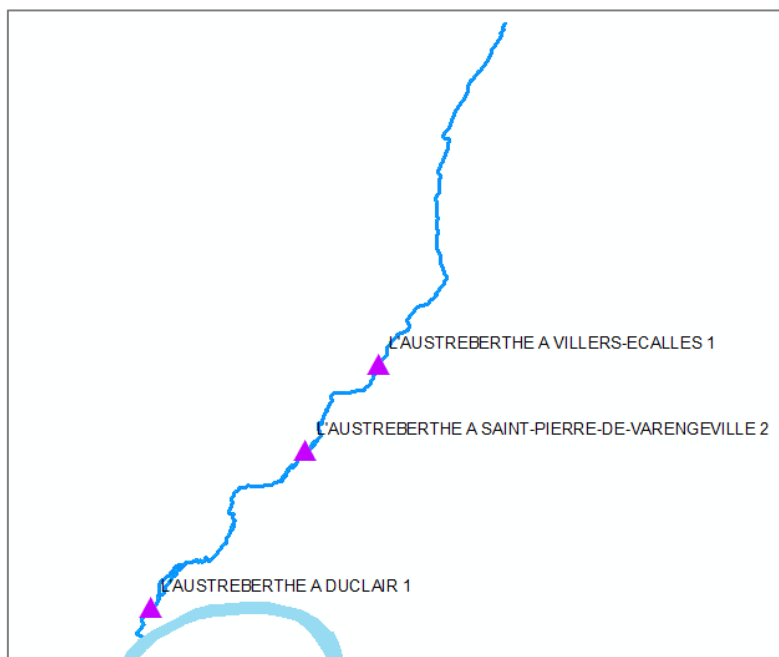


Figure 12: Les stations de mesure de physico-chimie sur l'Austreberthe (source Naiades)

Les données relatives aux ouvrages sur l'Austreberthe seront mobilisées à partir du ROE. Sur l'Austreberthe, on dénombre 50 ouvrages transversaux (dont 42 détruits partiellement) et potentiellement impactant pour la continuité écologique piscicole. Les types d'ouvrages, leur hauteur de chute et leur éventuel aménagement seront des éléments importants à considérer pour évaluer l'impact potentiel de chacun. En couplant ces informations aux capacités de franchissement des espèces, il sera possible d'attribuer des résistances à chacun de ces ouvrages en fonction des espèces. Pour nous aider dans cette démarche, les données ICE pourront être mobilisées (Baudoin et al., 2014). Les données d'ouvrages sont disponibles pour l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

Des données qualitatives relatives à la présence et au type de ripisylve sont des données qui pourront être mobilisées à partir de la BD TOPO (IGN, 2018). Cet indicateur pourrait servir à identifier les zones du cours d'eau offrant de l'ombrage voire des refuges et zones de repos pour les espèces piscicoles. Les zones dépourvues de ripisylve se verraient alors attribuer des résistances neutres ou plus élevées, car elles demanderaient un coût énergétique plus élevé pour être traversées. Ces données peuvent être extraites sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

3.1.4. Les scénarios de modélisation envisagés

Un scénario de suppression d'ouvrages est envisagé pour l'Austreberthe. Pour cela, il est prévu de supprimer l'un après l'autre en cumulant les suppressions, les 3 ouvrages identifiés comme prioritaires sur le bassin. Cela reviendrait alors à réaliser 3 scénarios pour chacune des 3 espèces, soit 9 scénarios + 3 modélisations de référence sans effacement d'ouvrage pour l'Austreberthe.

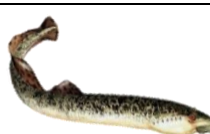
Nom du cours d'eau :	AUSTREBERTHE (emprise : totale)		
Grand(s) migrateur(s) présent(s):	 Saumon Atlantique	 Truite de mer	 Anguille
Problématique(s) écologique: continuité	-Ouvrages bloquant -Artificialisation des berges -Rectification du cours d'eau		
Données disponibles:	État des berges		-zone végétation BD TOPO®(2018) -description berge (état+ végétation) (2009)
	Physico-chimie		-3 stations de mesure (O2, T°C, etc.)
	Faciès/Substrat		-données 2009 -disponible sur l'ensemble du linéaire
	Ouvrages		-ROE (2019) -hauteur de chute et franchissabilité
Espèce(s) à modéliser :	 Saumon Atlantique	 Truite de mer	 Lamproie marine
Scénario(s) envisagé(s):	Suppression de 3 ouvrages classés prioritaire : ROE25951 Moulin l'Arson (2 ROE) ROE25925 Décharge du moulin du Paulu ROE25872 Seuil du Paulu		

Figure 13: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Austreberthe

3.2.L'Eure

3.2.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

L'Eure est un affluent rive gauche de la Seine. La rivière prend sa source dans la région naturelle du Perche et parcourt 229 km dans les départements de l'Orne, l'Eure-et-Loir, l'Eure et la Seine-Maritime avant de se jeter dans la Seine à Martot.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

L'Eure est un cours d'eau de type cyprinicole, dont l'espèce repère est le brochet (*Esox lucius*) et compte deux espèces de grands migrateurs : la lamproie marine et l'anguille, espèce cible faisant l'objet d'une protection spécifique sur le bassin. Le PLAGEPOMI (PLAGEPOMI Seine Normandie, 2016) indique d'ailleurs que l'Eure est un cours d'eau à enjeux pour les lamproies marine, dont la reproduction est suivie par l'AAPPMA27 depuis 2012 sur l'Eure aval (FDAAPPMA27, 2019, FDAAPPMA27, 2013). Bien qu'elles n'aient pas récemment été observées, le PLAGEPOMI indique également que l'Eure pourrait accueillir des espèces comme la lamproie fluviatile, la truite de mer et la grande alose.

Les pressions anthropiques



Figure 14: Ouvrage de Martot avant et après effacement (décembre 2018) (Source: (FDAAPPMA27, 2019))

Le barrage de Martot était le premier ouvrage infranchissable empêchant la plupart des poissons migrateurs de remonter dans l'Eure. Son effacement en 2018 a donc permis le décloisonnement de l'Eure à la Seine. D'autres ouvrages plus en amont ont été eux aménagés afin de restaurer la continuité piscicole et sédimentaire (bras de contournement de la Villette, passe à poissons des Jonquets et d'Acquigny, etc.). En 2018, le suivi de la lamproie marine, réalisée par l'AAPPMA27, a confirmé un point de blocage au niveau des ouvrages de Louviers. Bien que ce front ait progressé depuis quelques années (FDAAPPMA27, 2019), il reste de nombreux ouvrages difficilement franchissables, et n'ayant pour la plupart aujourd'hui plus aucun usage.



Figure 15: Complexe d'ouvrages de Louviers sur l'Eure, marquant le front de colonisation de la lamproie marine (source AAPPMA27, 2018)

La présence de ces ouvrages est une des principales raisons du classement de l'Eure comme cours d'eau dégradé dans le PDPG (FDAAPPMA27, 2000).

L'Eure aval est classée en Liste 1 et Liste 2 (voir encadré 1). Ce classement implique donc la mise en place d'actions visant à assurer la continuité écologique en intervenant sur les obstacles existants.

Ainsi, dans le cadre du programme de continuité écologique "apaisée", 8 ouvrages hydrauliques ont été identifiés comme prioritaire 1 sur l'Eure dans le département de l'Eure (voir annexe 2 du courrier du Préfet de la région Normandie (2019)).

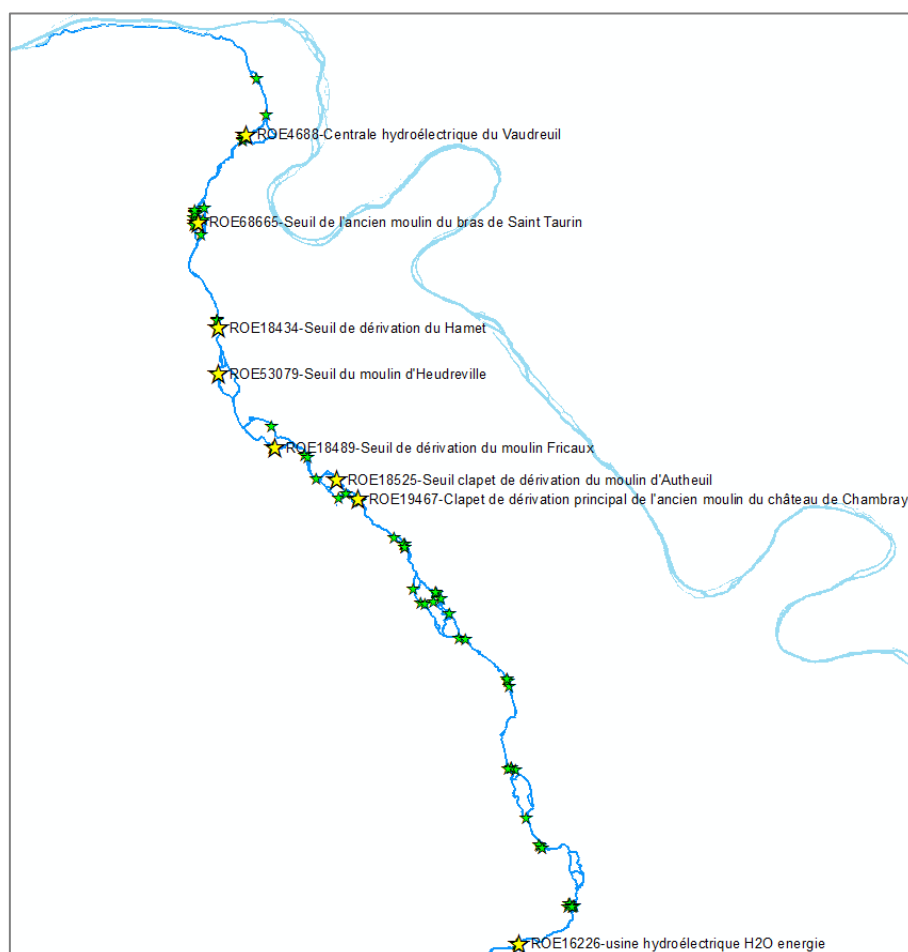


Figure 16: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Eure (en vert) (source ROE, 2019)

3.2.2. Les espèces à modéliser

La continuité écologique sera modélisée depuis la mer jusqu'aux habitats potentiels dans l'affluent pour 1 espèce de grands migrants : la grande alose.

3.2.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

Dans le cadre des PPRE sur l'Eure, des campagnes de description des faciès et substrat ont été réalisées en 2010-2012 sur l'Eure dans le département de l'Eure. Ces données ont été collectées auprès de la communauté d'agglomération Seine-Eure (CASE). Les données de substrat et de faciès

nous permettront d'identifier les habitats potentiels pour la grande alose en tenant compte de ses préférendum.

Les données de physico-chimie (oxygène et température) pourront être mobilisées depuis le site Naïades. Sur l'Eure dans le département de l'Eure, 5 stations de mesures sont présentes. Les données d'oxygène et de température pourront être extraites sur plusieurs années (10 ans par exemple) et moyennées sur les périodes de migration des espèces considérées pour des années "chaudes" et des années "classiques". Cela nous permettra d'évaluer l'effet des années chaudes sur la continuité physico-chimique. À noter que dans le cadre des suivis de frayères de brochet, un suivi thermique est réalisé annuellement par l'AAPPMA 27 depuis 2011 au niveau de 3 stations (Breuilpont, Val de Reuil et Léry).

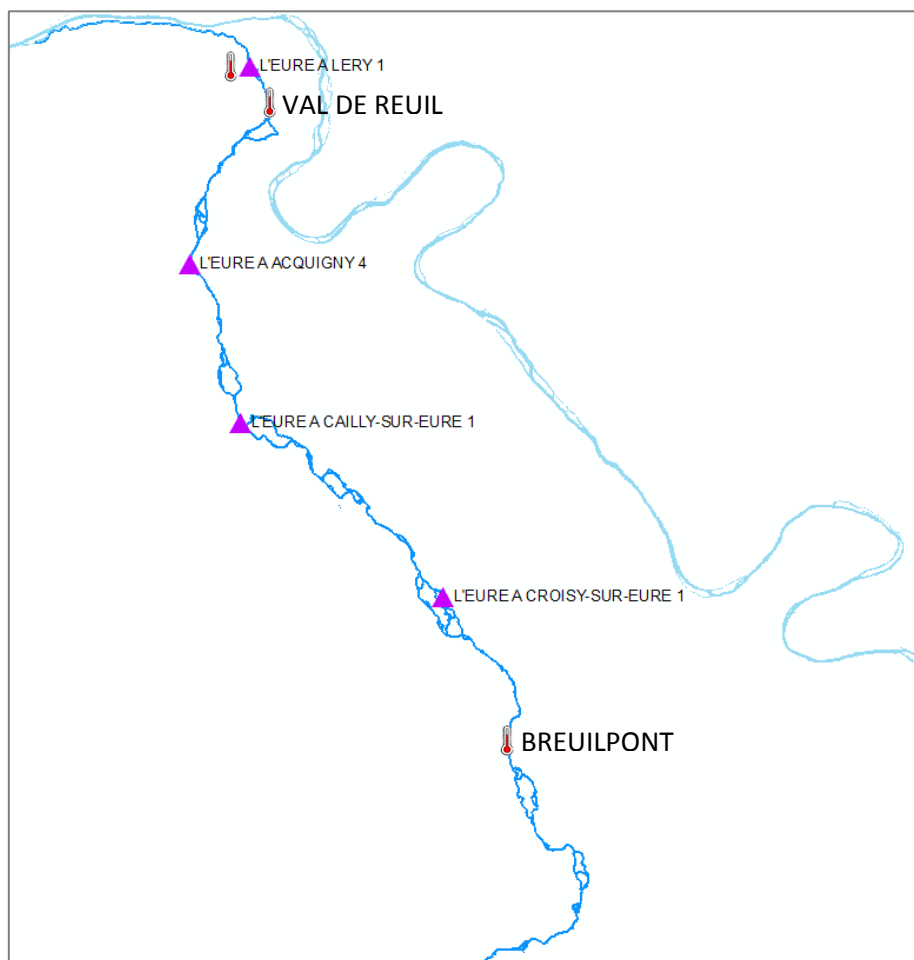


Figure 17: Les stations de mesure de physico-chimie sur l'Eure dans le département de l'Eure (source Naïades) et les stations de suivi thermie AAPPMA27 (🌡)

Les données relatives aux ouvrages sur l'Eure seront mobilisées à partir de l'inventaire réalisé dans le cadre des PPRE sur l'Eure et complétées avec le ROE. Sur l'Eure (27), on dénombre 78 ouvrages transversaux et potentiellement impactant pour la continuité écologique piscicole. Les types d'ouvrages, leur hauteur de chute et leur éventuel aménagement seront des éléments important à considérer pour évaluer l'impact potentiel de chacun. En couplant ces informations aux capacités de franchissement des espèces, il sera possible d'attribuer des résistances à chacun de ces ouvrages en fonction des espèces. Pour nous aider dans cette démarche, les données ICE pourront être mobilisées (Baudoin et al., 2014). À noter qu'une information codée sur la franchissabilité des ouvrages est déjà disponible dans les données issues des PPRE. Les données d'ouvrages sont disponibles pour l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

Des données qualitatives relatives à la présence et au type de ripisylve sont des données qui pourront être mobilisées à partir de l'inventaire réalisé dans le cadre des PPRE sur l'Eure et complétées avec les données de la BD TOPO. Cet indicateur pourrait servir à identifier les zones du cours d'eau offrant ombrage voire refuge et zone de repos pour les espèces piscicoles. Les zones dépourvues de ripisylve se verraient alors attribuer des résistances neutres ou plus élevées, car elles demanderaient un coût énergétique plus élevé pour être traversées. Ces données peuvent être extraites sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

3.2.4. Les scénarios de modélisation envisagés

Un scénario de suppression d'ouvrages est envisagé pour l'Eure. Pour cela, il est prévu de supprimer l'un après l'autre en cumulant les suppressions, les 8 ouvrages identifiés comme prioritaires sur le bassin. Cela reviendrait alors à réaliser 8 scénarios + 3 modélisations de référence sans effacement d'ouvrage pour l'Eure.

Nom du cours d'eau :	EURE (emprise: départements 27 et 76)		
Grand(s) migrateur(s) présent(s):			
	Lamproie marine		Anguille
Problématique(s) continuité écologique:	-Ouvrages bloquants		
Données disponibles:	État des berges		-zone végétation BD TOPO® (2018) -description berge (2010/2012)
	Physico-chimie		-5 stations de mesure (O ₂ , T°C, etc.) -3 stations suivi thermie (APPMMA27)
	Faciès/Substrat		-données 2010/2012 -disponible sur l'Eure dans l'Eure
	Ouvrages		-ROE (2019) + ICE (franchissabilité) -hauteur de chute et franchissabilité
Espèce(s) à modéliser :			
	Grande alose (P1)		
	Truite de mer (P2)		Lamproie marine (P3)
	Suppression de 8 ouvrages classés prioritaire : ROE4688 Centrale le Vaudreuil ROE16226 Centrale Ezy-sur-Eure ROE18434 Le Hamet ROE18489 moulin Fricaux ROE18525 Autheuil ROE19467 Chambray ROE53079 Centrale Heudreville ROE68665 Complexe Louviers		
Scénario(s) envisagé(s):			

Figure 18: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Eure. P: priorité de modélisation.

3.3.L'Andelle

3.3.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

L'Andelle est un affluent rive droite de la Seine. La rivière prend sa source dans le pays de Bray à Serqueux et parcourt 57 km dans les départements de la Seine-Maritime et de l'Eure avant de se jeter dans la Seine à Pîtres, en aval du barrage de Poses.

Les enjeux migrateurs: espèces présentes et potentialités d'accueil

L'Andelle est un cours d'eau de type salmonicole, en effet, son linéaire très court et son débit soutenu limitent le réchauffement des eaux et en fait un lieu de reproduction et de grossissement intéressant pour les salmonidés et la lamproie marine.

De plus, l'Andelle constitue le dernier exutoire pour les espèces migratrices avant le barrage de Poses. Le cours d'eau compte quatre espèces de grands migrateurs : la truite de mer et le saumon Atlantique, la lamproie marine, la lamproie fluviatile et l'anguille.

L'AAPPMA27 réalise depuis 2009 un suivi de la reproduction des lamproies marines et du stock d'anguilles.

Les pressions anthropiques

L'Andelle est classée en Liste 1 et Liste 2 (voir encadré 1). Ce classement implique donc la mise en place d'actions visant à assurer la continuité écologique en intervenant sur les obstacles existants.

En 2015, l'usine électrique de Fontaine-Guérard (ROE672), située à 8.5 km de la confluence avec la Seine et marquant jusque-là le front de colonisation de la lamproie marine et de la truite de mer (SEINORMIGR, 2019), a été équipée d'un bras de contournement (projet porté par le SIBA). D'autres ouvrages situés en aval constituent toujours un obstacle (ex. moulin de Bétillé) induisant des reproductions forcées de lamproies marines (APPMMA27, 2017).

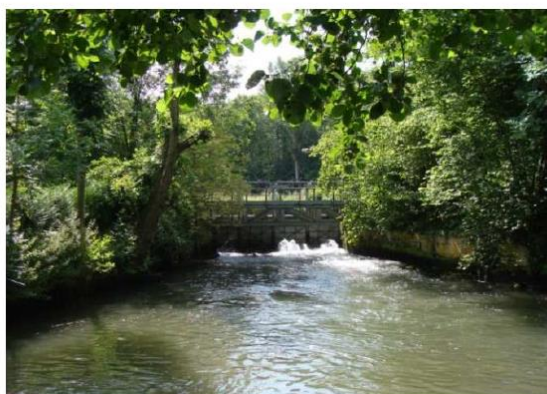


Figure 19: Moulin de Bétillé (ROE535), ouvrages bloquant induisant des reproductions forcées de lamproies marines sur l'Andelle (source AAPPMA, 2013).

Ainsi, dans le cadre du programme de continuité écologique "apaisée", 4 ouvrages hydrauliques ont été identifiés comme prioritaires 1 sur l'Andelle (voir annexe 2 du courrier du Préfet de la région Normandie (2019)).

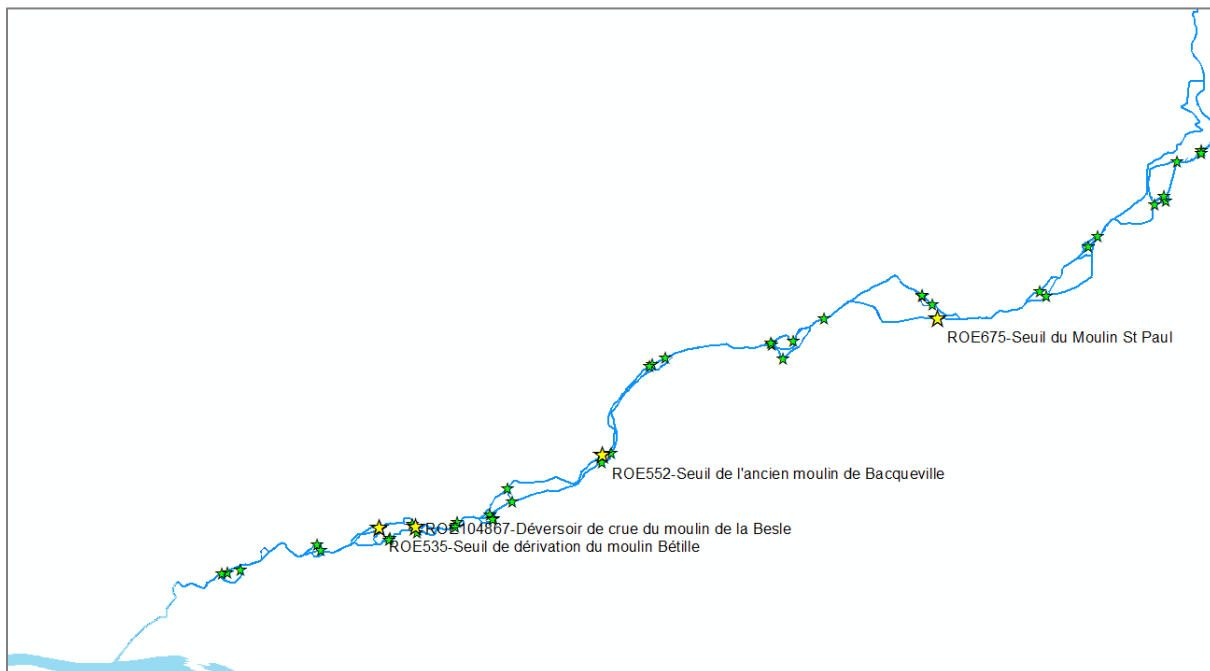


Figure 20: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Andelle (en vert) (source ROE, 2019)

A la problématique des ouvrages bloquant s'ajoutent également des pressions liées à l'**artificialisation des berges** (absence de ripisylve sur le tiers du linéaire (FDAAPPMA27, 2000) et **une mauvaise qualité physico-chimique** due à des dysfonctionnements de STEP: Romilly s/ Andelle, Perrier s/ Andelle, Forges les Eaux (76).

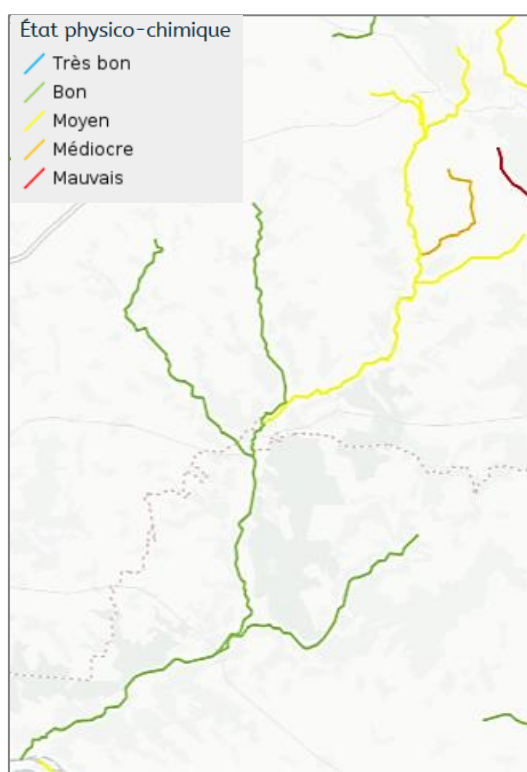


Figure 21: État physico-chimique des masses d'eau du bassin de l'Andelle (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie – Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN)

3.3.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée

La continuité écologique sera modélisée depuis la mer jusqu'aux habitats potentiels dans l'affluent pour 3 espèces de grands migrateurs : la truite de mer, le saumon Atlantique ainsi que la lamproie marine.

3.3.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

Les données relatives à la continuité écologique dans l'affluent seront mobilisées auprès de diverses sources.

Les données relatives à la description des faciès et substrat ont pu être collectées auprès du SYMAC (ex Syndicat mixte des bassins versants de l'Andelle et du Crevon) pour la partie dans le département Seine-Maritime (données 2010) et du bureau d'étude SOGETI Ingénierie pour la partie dans le département de l'Eure (données 2008). Les données de faciès et de substrat sont disponibles sur l'intégralité du linéaire de l'Andelle. Les données de substrat et de faciès nous permettront d'identifier les habitats potentiels des différentes espèces en tenant compte de leur préférendum.

Les données de physico-chimie (oxygène et température) pourront être mobilisées depuis le site Naïades. Sur l'Andelle, 5 stations de mesures sont présentes. Les données d'oxygène et de température pourront être extraites sur plusieurs années (10 ans par exemple) et moyennées sur les périodes de migration des espèces considérées pour des années "chaudes" et des années "classiques". Cela nous permettra d'évaluer l'effet des années chaudes sur la continuité physico-chimique.

À noter que, l'AAPPMA27 réalise depuis 2011 un suivi thermique sur l'Andelle, au niveau d'une station située à Romilly s/ Andelle (FDAAPPMA27, 2014, FDAAPPMA27, 2018).

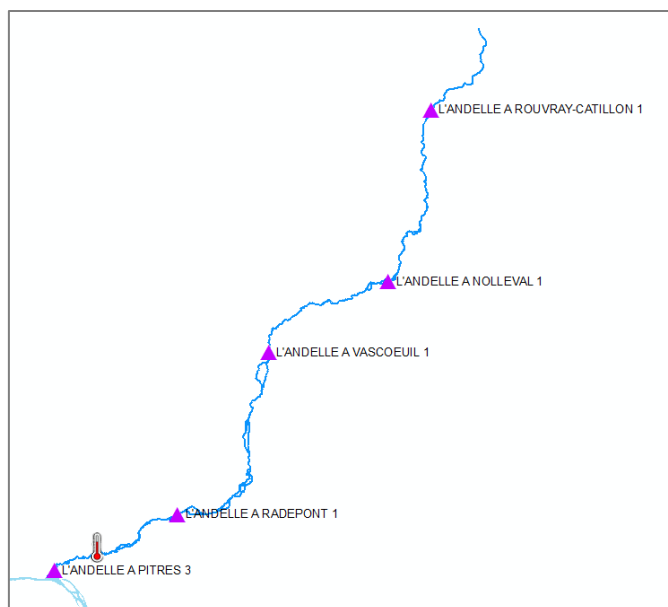


Figure 22: Les stations de mesures physico-chimiques sur l'Andelle (source Naïades) et la station de suivi thermie AAPPMA27 ()

Les données relatives aux ouvrages sur l'Andelle seront mobilisées à partir de l'inventaire réalisé par le SIBA (ex Syndicat intercommunal du bassin de l'Andelle) dans le département de l'Eure et complétées avec le ROE. Sur l'Andelle, on dénombre 88 ouvrages transversaux (dont 48 détruits partiellement) et potentiellement impactant pour la continuité écologique piscicole. Les types

d'ouvrages, leur hauteur de chute et leur éventuel aménagement seront des éléments importants à considérer pour évaluer l'impact potentiel de chacun. En couplant ces informations aux capacités de franchissement des espèces, il sera possible d'attribuer des résistances à chacun de ces ouvrages en fonction des espèces. Pour nous aider dans cette démarche, les données ICE pourront être mobilisées (Baudoin et al., 2014). À noter qu'une information sur la franchissabilité des ouvrages est déjà disponible dans les données issues du SIBA dans l'Eure. Les données d'ouvrages sont disponibles pour l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

Des données qualitatives relatives à la présence et au type de ripisylve sont également des données qui pourront être mobilisées à partir de l'inventaire réalisé par le bureau d'étude SOGETI Ingénierie en 2008 sur l'Andelle dans le département de la Seine-Maritime et complétées avec les données de la BD TOPO. Cet indicateur pourrait servir à identifier les zones du cours d'eau offrant ombrage voire refuge et zone de repos pour les espèces piscicoles. Les zones dépourvues de ripisylve se verraient alors attribuer des résistances neutres ou plus élevées, car elles demanderaient un coût énergétique plus élevé pour être traversées. Ces données peuvent être extraites sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

3.3.4. Les scénarios de modélisation envisagés

Un scénario de suppression d'ouvrages est envisagé pour l'Andelle. Pour cela, il est prévu de supprimer l'un après l'autre en cumulant les suppressions, les 4 ouvrages identifiés comme prioritaires sur le bassin. Cela reviendrait alors à réaliser 4 scénarios pour chacune des 3 espèces, soit 12 scénarios + 3 modélisations de référence sans effacement d'ouvrage pour l'Andelle.

Nom du cours d'eau :	ANDELLE (emprise: totale)			
Grand(s) migrateur(s) présent(s):				
	Saumon Atlantique	Truite de mer	Lamproie marine	Anguille
Problématique(s) écologique:	continuité	-Ouvrages bloquant -Artificialisation des berges et absence de ripisylve sur 1/3 linéaire -Qualité physico-chimique moyenne sur l'amont du bassin		
Données disponibles:	État des berges		-zone végétation BD TOPO®(2018) -description berge (état+ végétation) dpt 76(2008)	
	Physico-chimie		-5 stations de mesure (O ₂ , T°C, etc.) -1 station suivie thermie (AAPPMA27)	
	Faciès/Substrat		-données 2010 (dpt 76) et 2008 (dpt 27) -disponible sur l'ensemble du linéaire	
	Ouvrages		-ROE (2019) + ICE (franchissabilité) -hauteur de chute et franchissabilité (dpt 27)	
Espèce(s) à modéliser :				
	Saumon Atlantique (P1)	Truite de mer (P1)	Lamproie marine (P2)	
Scénario(s) envisagé(s):	Suppression de 4 ouvrages classés prioritaire : ROE535 Moulin de Bétillé ROE552 Bacqueville ROE675 St Paul ROE104867 Moulin de la Besle			

Figure 23: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Andelle. P: priorité de modélisation.

3.4.L'Epte

3.4.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

L'Epte est un affluent rive droite de la Seine. La rivière prend sa source dans le pays de Bray près de Forges-les-Eaux et parcourt 117 km dans les départements de la Seine-Maritime, de l'Eure et des Yvelines avant de se jeter dans la Seine au niveau de 3 bras: à Giverny, Vernon et Limetz-Villez.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

L'Epte est le premier affluent de la Seine en amont du barrage de Poses (et de Port-Mort), ce qui en fait un cours d'eau à enjeu pour les poissons migrateurs. Le cours d'eau compte trois espèces de grands migrateurs: la lamproie marine, la truite de mer et l'anguille. Bien qu'elles n'aient pas été récemment inventoriées, l'Epte pourrait également accueillir des espèces comme le saumon Atlantique et la lamproie fluviatile.

À noter que, l'AAPPMA27 réalise depuis 2009 un suivi de la reproduction des lamproies marines sur l'Epte dans l'Eure.

Les pressions anthropiques

En 2014, l'ouvrage hydraulique de Sainte-Genièvre-lès-Gasny (ROE56314), située à 5.4 km de la confluence avec la Seine marquait le front de colonisation de la lamproie marine (APPMMA27, 2014); cet ouvrage est à présent partiellement détruit. Bien que ce front ait progressé par rapport à 2010, l'ouvrage hydraulique "Isobox" situé plus en aval sur le bras sud et qui marquait le front de colonisation en 2010, constitue toujours aujourd'hui un obstacle important. À noter qu'en 2018, aucune frayère n'a été recensée. Pour la truite de mer, le front de colonisation connu se situe au niveau du pont du lavoir de Villez (ROE36679), à moins de 600m de la confluence avec la Seine, sur le bras sud.

L'Epte est classée en Liste 1 et Liste 2 (voir encadré 1). Ce classement implique donc la mise en place d'actions visant à assurer la continuité écologique en intervenant sur les obstacles existants.

Ainsi, dans le cadre du programme de continuité écologique "apaisée", 4 ouvrages hydrauliques ont été identifiés comme prioritaires 1 sur l'Epte (voir annexe 2 du courrier du Préfet de la région Normandie (2019)).

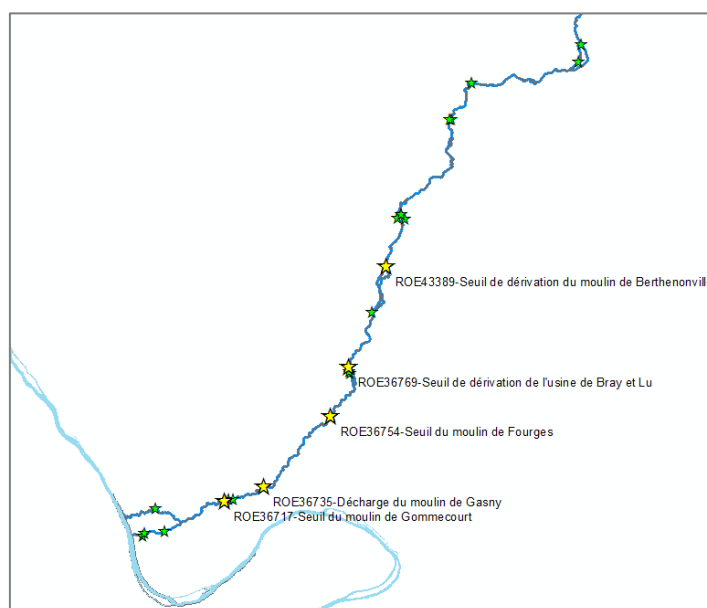


Figure 24: Ouvrages classés en priorité 1 (en jaune) et les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur l'Epte (en vert) (source ROE, 2019)

A la problématique des ouvrages bloquant s'ajoutent également, on notait également dans un rapport de 2013 **une mauvaise qualité physico-chimique** due à des dysfonctionnements de STEP sur la partie amont de l'Epte dans le département de l'Eure (FDAAPPMA27, 2013). À voir si ce problème persiste encore aujourd'hui.

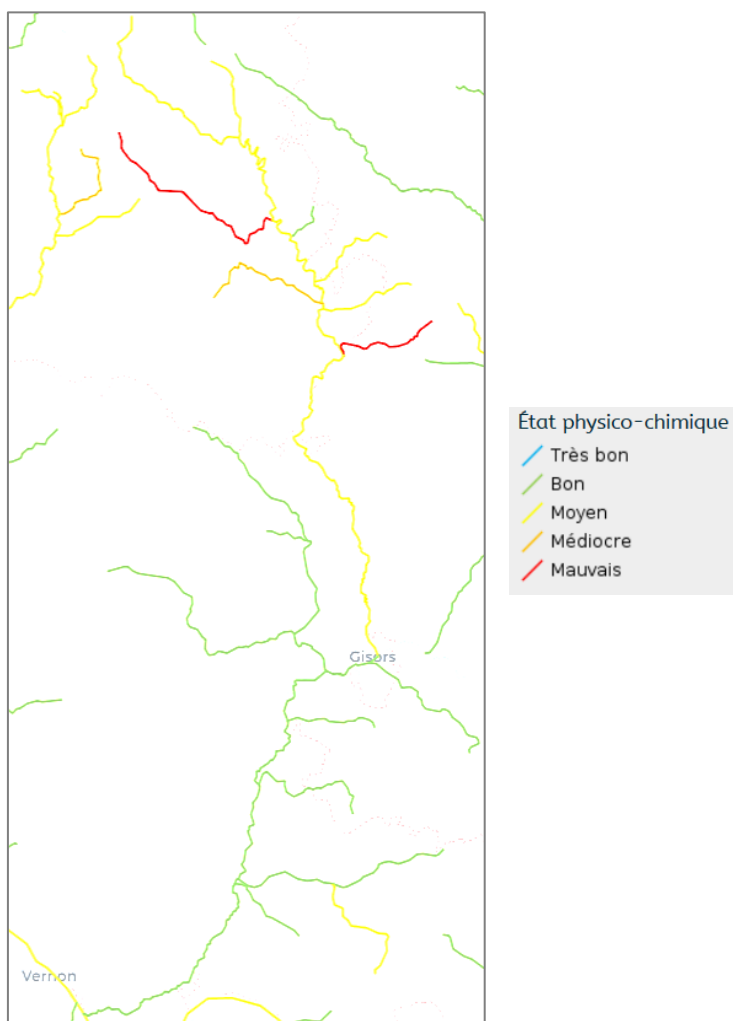


Figure 25: État physico-chimique des masses d'eau de l'Epte (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie - Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN)

3.4.2. Les espèces dont la continuité écologique sera modélisée

La continuité écologique sera modélisée depuis la mer jusqu'aux habitats potentiels dans l'affluent pour 3 espèces de grands migrateurs: la truite de mer, le saumon Atlantique ainsi que la lamproie marine.

3.4.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

Les données relatives à la continuité écologique dans l'affluent seront mobilisées auprès de diverses sources.

Les données relatives à la description des faciès ont pu être collectées auprès de l'AAPPMA27 (données 2012). Les données de faciès sont disponibles de la confluence avec la Seine (bras sud et nord) jusqu'au moulin de Gasny (ROE36735), soit environ 11 km de linéaire renseignés. Ces données

seront complétées par des données de faciès de l'AAPPMA76. Ces deux sources permettent une couverture de l'intégralité du linéaire de l'Epte dans l'Eure et en Seine-Maritime jusqu'à Ménerval. À ce jour, nous ne disposons pas de données de substrat pour l'Epte.

Les données de physico-chimie (oxygène et température) pourront être mobilisées depuis le site Naïades. Sur l'Epte, 11 stations de mesures sont présentes, dont 5 dans le département de l'Eure. Les données d'oxygène et de température pourront être extraites sur plusieurs années (10 ans par exemple) et moyennées sur les périodes de migration des espèces considérées pour des années "chaudes" et des années "classiques". Cela nous permettra d'évaluer l'effet des années chaudes sur la continuité physico-chimique.

À noter que, l'AAPPMA27 réalise depuis 2011 un suivi thermique sur l'Epte, au niveau de deux stations situées à Courcelles-lès-Gisors et Fourges.

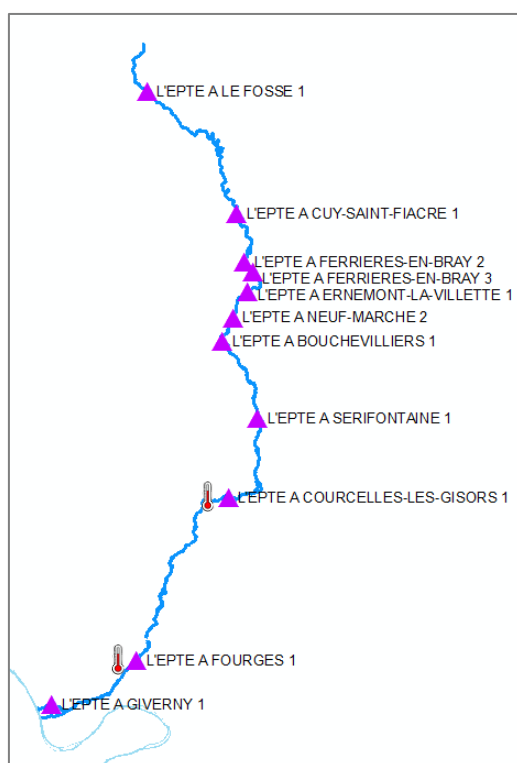


Figure 26: Les stations de mesures physico-chimiques sur l'Epte (source Naïades) et stations de suivi thermique AAPPMA27 (🌡️)

Les données relatives aux ouvrages sur l'Epte seront mobilisées à partir du ROE. Sur l'Epte, on dénombre 49 ouvrages transversaux et potentiellement impactant pour la continuité écologique piscicole. Les types d'ouvrages, leur hauteur de chute et leur éventuel aménagement seront des éléments importants à considérer pour évaluer l'impact potentiel de chacun. En couplant ces informations aux capacités de franchissement des espèces, il sera possible d'attribuer des résistances à chacun de ces ouvrages en fonction des espèces. Pour nous aider dans cette démarche, les données ICE pourront être mobilisées (Baudoin et al., 2014). Les données d'ouvrages sont disponibles pour l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

Des données qualitatives relatives à la présence et au type de ripisylve sont également des données qui pourront être mobilisées à partir de la BD TOPO. Cet indicateur pourrait servir à identifier les zones du cours d'eau offrant ombrage voire refuge et zone de repos pour les espèces piscicoles. Les zones dépourvues de ripisylve se verraient alors attribuer des résistances neutres ou plus élevées, car

elles demanderaient un coût énergétique plus élevé pour être traversées. Ces données peuvent être extraites sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

3.4.4. Les scénarios de modélisation envisagés

Un scénario de suppression d'ouvrages est envisagé pour l'Epte. Pour cela, il est prévu de supprimer l'un après l'autre en cumulant les suppressions, les 5 ouvrages identifiés comme prioritaires sur le bassin. Cela reviendrait alors à réaliser 5 scénarios pour chacune des 3 espèces, soit 15 scénarios + 3 modélisations de référence sans effacement d'ouvrage pour l'Epte.

Nom du cours d'eau :	EPTE (emprise: totale)		
Grand(s) migrateur(s) présent(s):	 Lamproie marine	 Truite de mer	 Anguille
Problématique(s) continuité écologique:	-Ouvrages bloquant -Qualité physico chimique altérée dans la partie amont du bassin		
Données disponibles:	État des berges		-zone végétation BD TOPO®(2018)
	Physico-chimie		-11 stations de mesure (O2, T°C, etc.) -2 stations suivie thermie (APPMMA27)
	Faciès		-données 2010/2012(APPMMA27) -disponible sur jusqu'à Ménéval -pas de données substrat
	Ouvrages		-ROE (2019) + ICE (franchissabilité)
Espèce(s) à modéliser :	 Lamproie marine (P1)	 Truite de mer (P2)	 Saumon Atlantique (P2)
Scénario(s) envisagé(s):	Suppression de 5 ouvrages classés prioritaire : ROE36735 Moulin de Gasny ROE36754 Moulin de Fourges ROE36769 Bray et lu ROE43389 Complexe Berthenonville ROE36717 Complexe Gommecourt		

Figure 27: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur l'Epte. P: priorité de modélisation.

3.5. La Mauldre

3.5.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

La Mauldre est un affluent rive gauche de la Seine. La rivière prend sa source à Saint-Rémy-l'Honoré et parcourt 35 km dans le département des Yvelines avant de se jeter dans la Seine à Epône.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

La Mauldre est un cours d'eau de type salmonicole, dont l'espèce repère est la truite fario et compte une espèce de grands migrateurs : l'anguille. Bien qu'elles n'aient pas été observées récemment, la Mauldre, pourrait accueillir des espèces comme le saumon Atlantique, la truite de mer, la lamproie marine et fluviatile (voir annexes cartes SEINORMIGR).

Les pressions anthropiques

La Mauldre présente un bassin fortement anthropisé, où la qualité physico-chimique et l'hydromorphologie du cours d'eau sont très dégradées.

Le cours d'eau ne présente pas de problème quant aux paramètres d'oxygénation du milieu et azotés. Cependant, le phosphore constitue le premier paramètre déclassant sur le bassin versant de la Mauldre (SCE, 2012). Les deux principales sources d'apport en phosphore sont les rejets des stations d'épuration et les dysfonctionnements de réseau.



Figure 28: État physico-chimique des masses d'eau du bassin de la Mauldre (source: Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie – Qualité de l'eau - État des lieux 2019, AESN)

Les altérations morphologiques dominantes sont principalement dues à une rectification et un recalibrage important du cours d'eau. L'état des berges y est également dégradé avec une faible présence de ripisylve.

Par ailleurs, de nombreux ouvrages transversaux sont présents sur le cours d'eau. Le premier ouvrage bloquant (ROE57527) sur la Mauldre est situé sur la commune de Maule.

La Mauldre est classée en Liste 1 de sa confluence avec la Guyonne à sa confluence avec le bras du Blanc Soleil et est classée en Liste 2 de sa confluence avec le ru Maldroit à sa confluence avec la Seine (voir encadré 1).

À notre connaissance, aucun ouvrage du bassin de la Mauldre n'est classé comme étant prioritaire ou Grenelle. Néanmoins, le classement du cours d'eau en Liste 2 implique la mise en place d'actions visant à assurer la continuité écologique au niveau des obstacles existants.

3.5.2. Les espèces à modéliser

La continuité écologique sera modélisée depuis la mer jusqu'aux habitats potentiels dans l'affluent pour 1 espèce de grands migrateurs : la truite de mer. La continuité écologique sur la Mauldre uniquement sera également modélisée pour la truite résidente.

3.5.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

À ce jour, nous ne disposons pas de données relatives aux faciès et substrat sur la Mauldre; seules quelques données de faciès récoltés par l'équipe HEF (INRAE) sont disponibles pour certains cours d'eau de l'amont du bassin.

Les données de physico-chimie (oxygène, phosphore et température) pourront être mobilisées depuis le site Naïades. Sur la Mauldre, 3 stations de mesures sont présentes. Les données de physico-chimie pourront être extraites sur plusieurs années (10 ans par exemple) et moyennées sur les périodes de migration des espèces considérées pour des années "chaudes" et des années "classiques". Cela nous permettra d'évaluer l'effet des années chaudes sur la continuité physico-chimique. 6 sondes thermiques sont également présentes sur la Mauldre et suivies par le COBAHMA (Figure 29).

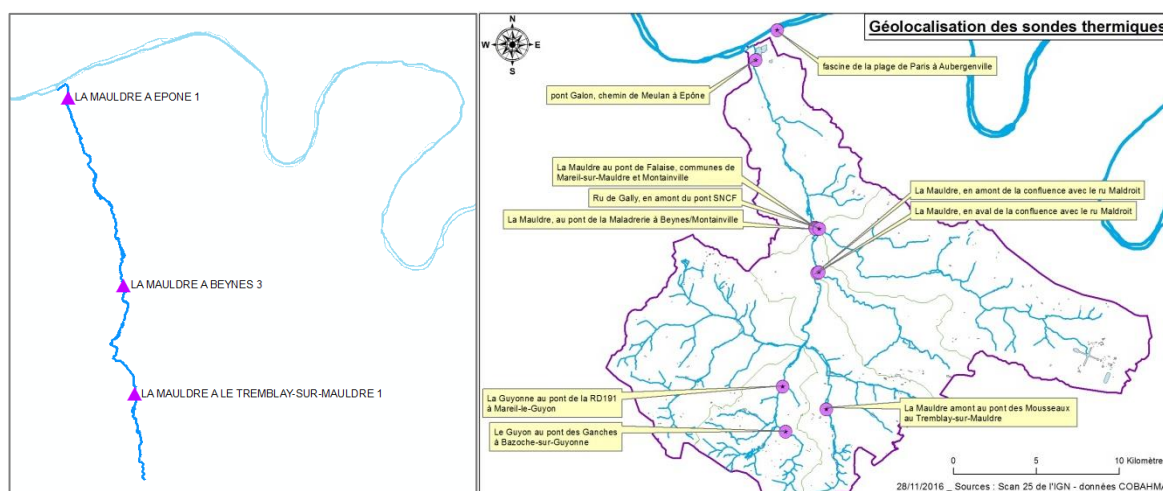


Figure 29: Les stations de mesure de physico-chimie sur la Mauldre (source Naïades) à gauche et géolocalisation des sondes thermiques COBAHMA à droite

Les données relatives aux ouvrages sur la Mauldre seront mobilisées à partir de l'inventaire réalisé par le CEREMA en 2017. Sur la Mauldre, on dénombre 13 ouvrages transversaux et potentiellement impactant pour la continuité écologique piscicole. Les types d'ouvrages, leur hauteur de chute et leur éventuel aménagement seront des éléments importants à considérer pour évaluer l'impact potentiel de chacun. En couplant ces informations aux capacités de franchissement des espèces, il sera possible d'attribuer des résistances à chacun de ces ouvrages en fonction des espèces. Pour nous aider dans cette démarche, les données ICE pourront être mobilisées (Baudoin et al., 2014). À noter qu'une information codée sur la franchissabilité des ouvrages est déjà disponible dans les données issues de l'inventaire CEREMA. Les données d'ouvrages sont disponibles pour l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

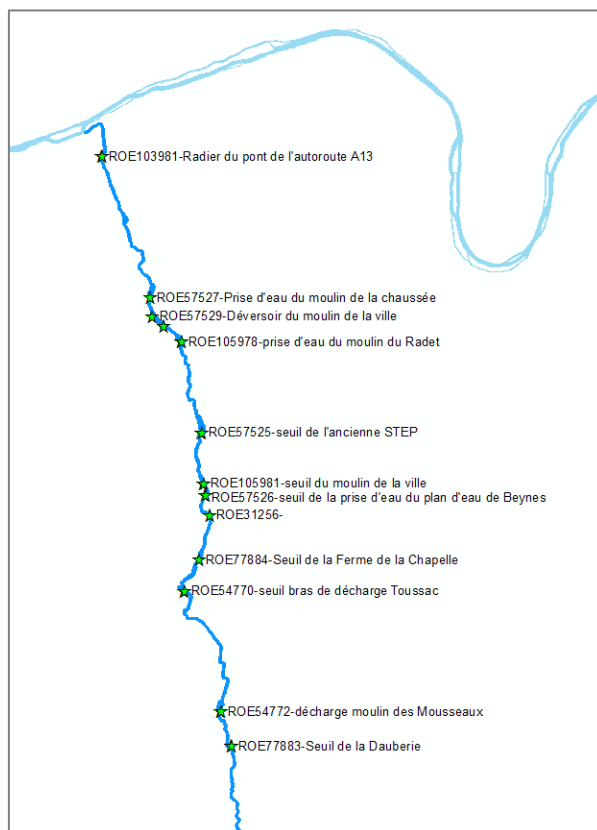


Figure 30: Les ouvrages transversaux potentiellement impactant pour la continuité écologique sur la Mauldre (source ROE, 2019)

Des données qualitatives relatives à la présence et au type de ripisylve sont également des données qui pourront être mobilisées à partir des données de la BD TOPO. Cet indicateur pourrait servir à identifier les zones du cours d'eau offrant ombrage voire refuge et zone de repos pour les espèces piscicoles. Les zones dépourvues de ripisylve se verraient alors attribuer des résistances neutres ou plus élevées, car elles demanderaient un coût énergétique plus élevé pour être traversées. Ces données peuvent être extraites sur l'ensemble du linéaire du cours d'eau.

3.5.4. Les scénarios de modélisation envisagés

Un scénario de suppression d'ouvrages est envisagé pour la Mauldre. Pour cela, il est prévu de supprimer l'un après l'autre en cumulant les suppressions de l'aval vers l'amont, les ouvrages les plus bloquants sur la Mauldre (à déterminer).

Un scénario d'amélioration de la qualité de l'eau est également envisagé. Les paramètres déclassants concernent le phosphore (orthophosphates et phosphore total); il faudrait alors se demander si cette pollution est effectivement à l'origine d'un obstacle d'ordre physico-chimique pour la circulation des truites.

Nom du cours d'eau :	MAULDRE (emprise: non définie)		
Grand(s) migrateur(s) présent(s):	 Anguille		
Problématique(s) écologique:	continuité	-Ouvrages bloquant -Qualité physico-chimique dégradée sur l'ensemble du cours d'eau ($P_{total} + PO_4^{2-}$ déclassant)	
Données disponibles:	État des berges		-zone végétation BD TOPO®
	Physico-chimie	 	-3 stations de mesure (O_2 , $T^\circ C$, etc.)
	Faciès/Substrat		-pas de données disponibles
	Ouvrages	 	-ROE (2019) + ICE (franchissabilité) -hauteur de chute et franchissabilité (2017)
Espèce(s) à modéliser :	 (uniquement sur la Mauldre) Truite résidente		 Truite de mer
Scénario(s) envisagé(s):	-Suppression d'ouvrages bloquant (à décider) -Amélioration de la qualité physico-chimique		

Figure 31: Fiche synthétique modélisation de la continuité écologique sur la Mauldre

3.6.L'Oise

3.6.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

L'Oise est un affluent rive droite de la Seine. La rivière prend sa source en Belgique et parcourt 341 km dans les départements du Nord, de l'Aisne, de l'Oise, du Val-d'Oise et des Yvelines avant de se jeter dans la Seine à Conflans-Sainte-Honorine.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

L'Oise présente un réel enjeu pour les grands migrateurs, puisqu'elle compte 4 espèces : la grande alose, la truite de mer, le saumon et l'anguille. Ces espèces ont été observées jusqu'en amont de la confluence avec l'Ailette. Bien qu'elles n'aient pas été observées récemment, la lamproie marine et la lamproie de rivière pourraient également coloniser l'Oise (voir annexe cartes SEINORMIGR).

Les pressions anthropiques

L'Oise est un cours d'eau navigué présentant de nombreux complexes d'ouvrages (écluses, barrages).

Les aménagements visant à restaurer la continuité au niveau des ouvrages historiquement bloquants (Pontoise, Isle d'Adam, Boran et Venette) ont permis aux grands migrateurs de recoloniser le bassin aval. Cependant, le projet de canal Seine-Nord Europe entre Compiègne et Aubencheul-au-Bac pourrait réaffecter la continuité de l'Oise entre Compiègne et Janville.

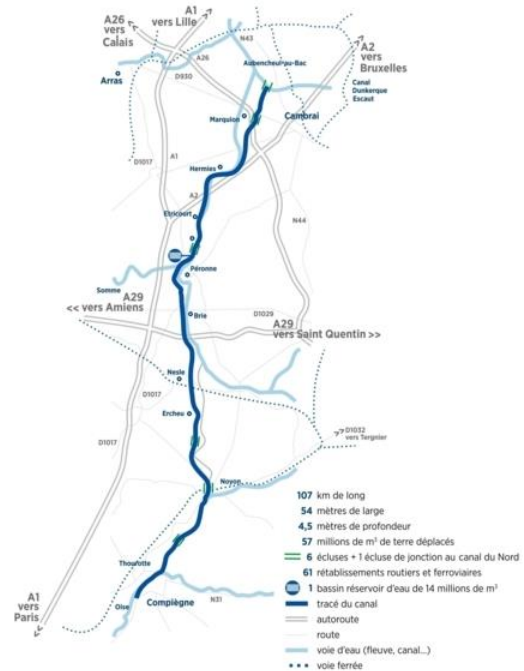


Figure 32: Tracé du projet du Canal Seine-Nord Europe (source: www.canal-seine-nord-europe.fr)

3.6.2. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

À ce jour, nous ne disposons pas de données concernant l'hydrodynamique de l'Oise. Dans ses projets, le PIREN prévoit une modélisation du même type que ProSe-P sur l'Oise. Aujourd'hui, il n'est donc pas encore possible de modéliser la continuité écologique sur l'Oise.

Nous disposons en outre, du schéma des berges de l'Oise dans sa partie Ile de France, ainsi que le recensement des obstacles (ROE).

3.7. La Marne

3.7.1. Caractéristiques du cours d'eau

Les caractéristiques géographiques

La Marne est un affluent rive droite de la Seine. La rivière prend sa source sur le plateau de Langres et parcourt 514 km sur 7 départements avant de se jeter dans la Seine Charenton-le-Pont et Alfortville.

Les enjeux migrateurs : espèces présentes et potentialités d'accueil

Le barbeau est présent sur la Marne (site de l'Observatoire des poissons du bassin Seine-Normandie). Bien que les mouvements de cette espèce ne soient pas de l'ampleur de ceux effectués par les espèces migratrices, le barbeau est caractérisé par une grande mobilité spatiale. Pour exemple, les migrations de reproduction peuvent impliquer des distances importantes d'une dizaine de kilomètres.

Dans le cas du barbeau, la modélisation n'est pas réalisée de la mer vers la Marne mais au sein d'un secteur défini de la Marne vers les habitats cibles potentiels.

3.7.2. Les espèces à modéliser

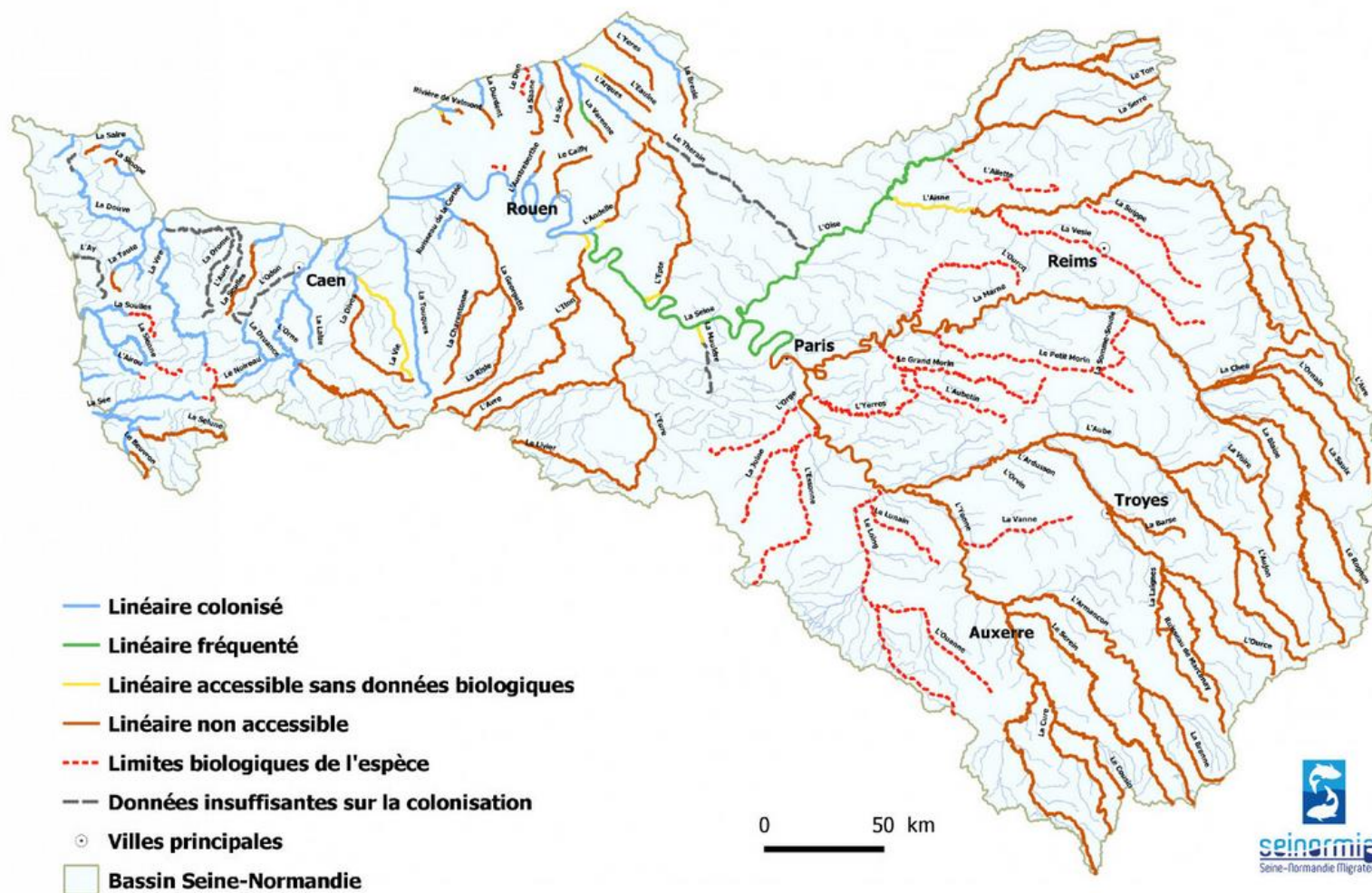
La continuité écologique pour le barbeau pourrait alors être étudiée sur une partie de la Marne.

3.7.3. Les données disponibles et l'emprise spatiale de la modélisation

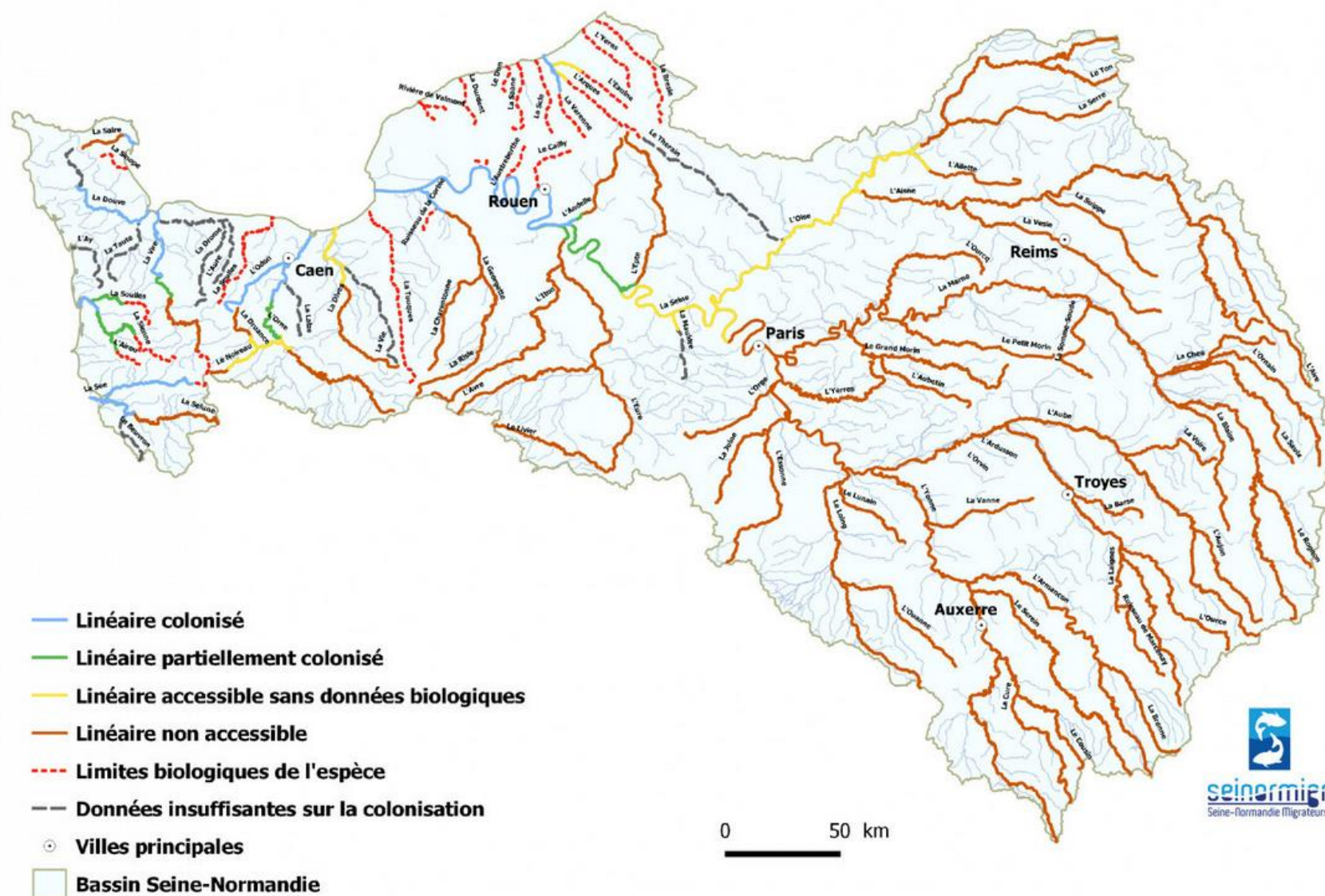
À ce jour, nous ne disposons pas de données concernant l'hydrodynamique de la Marne. Aujourd'hui, il n'est donc pas encore possible de modéliser la continuité écologique sur la Marne.

Nous disposons en outre, du schéma des berges de la Marne dans sa partie Ile de France, ainsi que le recensement des obstacles (ROE).

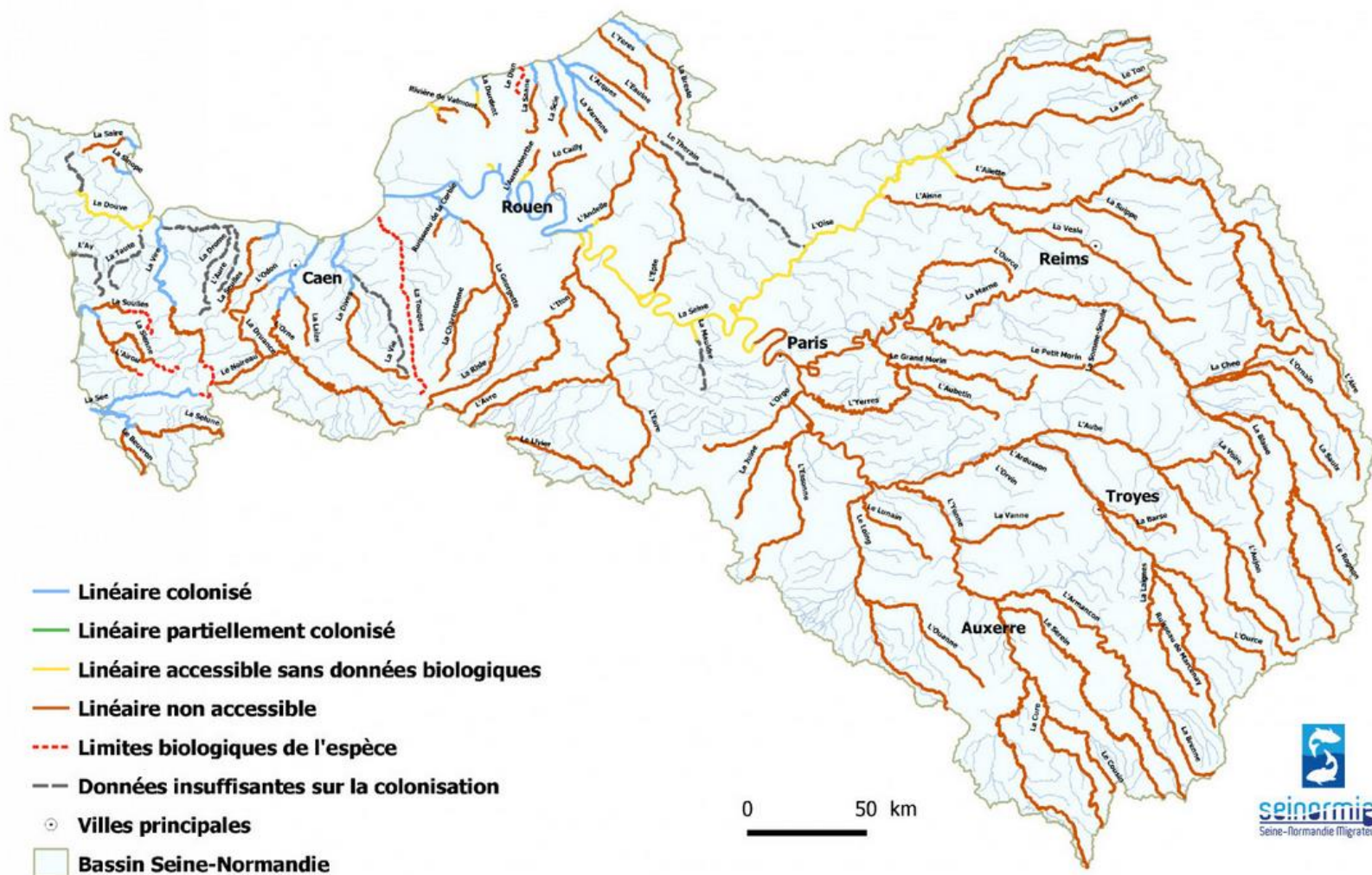
Annexe 1 : Cartes de répartition du saumon Atlantique dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



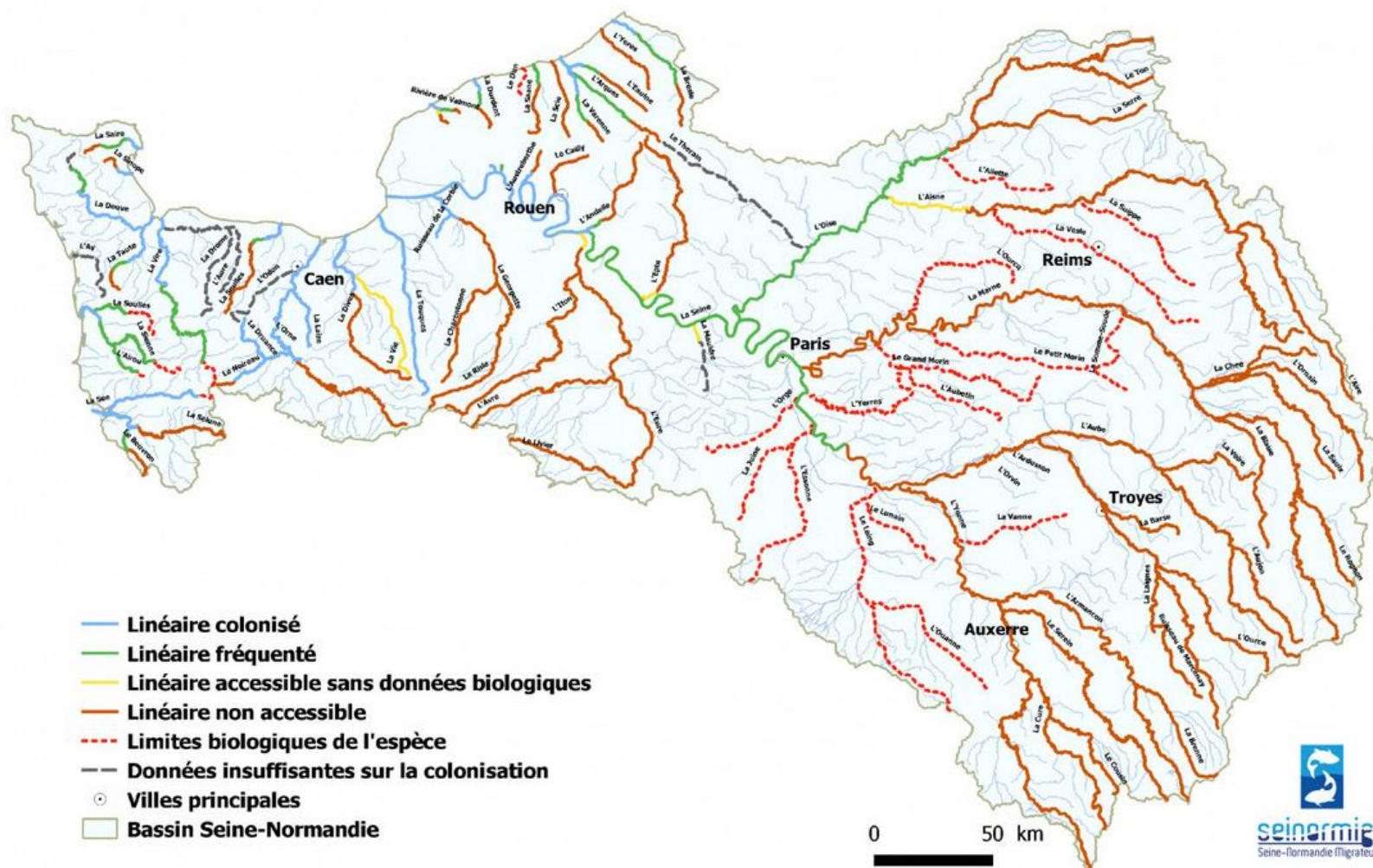
Annexe 2 : Cartes de répartition de la lamproie marine dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



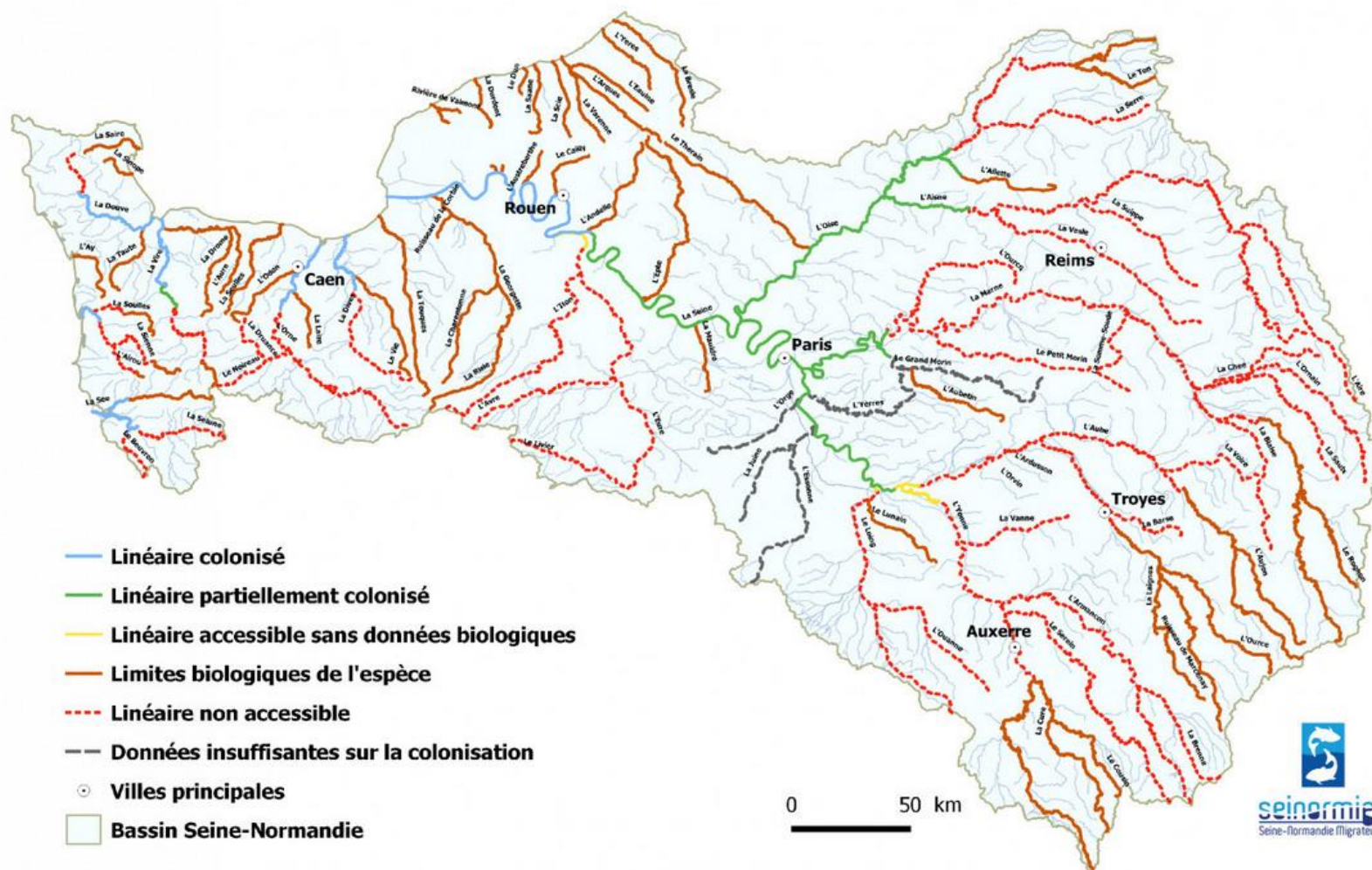
Annexe 3 : Cartes de répartition de la lamproie fluviatile dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



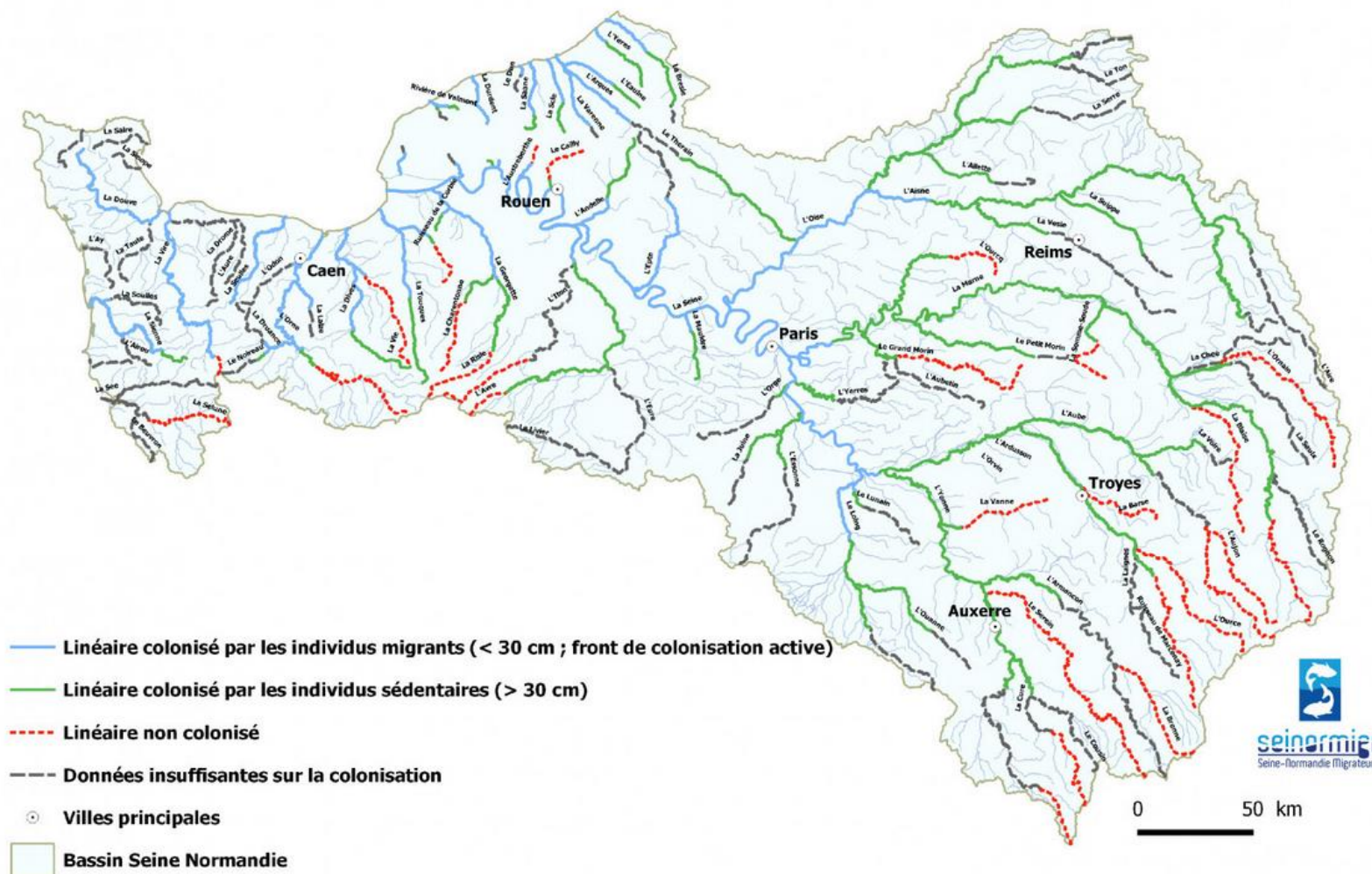
Annexe 4 : Cartes de répartition de la truite de mer dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



Annexe 5 : Cartes de répartition de la grande alose dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



Annexe 6 : Cartes de répartition de l'anguille européenne dans le bassin de la Seine (source SEINORMIGR)



4. Bibliographie

- AFB. 2019. *Référentiel d'Obstacles à l'Ecoulement (ROE)* [Online]. GEOBS. Available: <http://www.data.gouv.fr/fr/datasets/ouvrages-faisant-obstacle-a-lecoulement-obs/> [Accessed January 2019].
- BAUDOIN, J. M., BURGUN, V., CHANSEAU, M., SREMSKI, W., STEINBACH, P. & VOEGTLE, P. 2014. Informations sur la Continuité Ecologique - ICE. Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes. . *Comprendre pour agir*, 204 p.
- EAUFRANCE. 2020. *Naiades- Données sur la qualité des eaux de surface* [Online]. Available: <http://www.naiades.eaufrance.fr/> [Accessed February 2020].
- FDAAPPMA27 2000. Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles de l'Eure.
- FDAAPPMA27 2013. Suivi 2012 de la reproduction de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus* L.) dans le département de l'Eure – Rivière Andelle, Epte et Eure. 51p. BARAULT A. & SANSON G.
- FDAAPPMA27 2014. Suivi thermique des cours d'eau eurois- Année 2013. BARAULT, A.
- FDAAPPMA27 2018. Suivi thermique des cours d'eau eurois - Année 2017. 80p. A. BARAULT.
- FDAAPPMA27 2019. Etude de la reproduction de la Lamproie marine dans le département de l'Eure - Année 2018 26p. M. Bonnet.
- FDAAPPMA76 2007. Plan Départemental pour la Protection du Milieu Aquatique et la Gestion des Ressources Piscicoles de Seine-Maritime.
- GIP SEINE-AVAL 2011. Cartographie des zones riveraines de l'estuaire de la Seine. Rapport d'études réalisé par RIVE & CS.
- LE PICHON, C. & ALP, M. 2018. Projet Seine-Aval 5 : ANACONDHA «Analyse spatiale de la connectivité des habitats fonctionnels pour les poissons à l'échelle de l'estuaire».
- PLAGEPOMI SEINE NORMANDIE 2016. PLAGEPOMI Seine Normandie 2016-2021.
- PRÉFET DE LA RÉGION NORMANDIE 2019. Courrier du 14 octobre 2019 du préfet de coordonnateur de bassin Seine-Normandie. Objet: Elaboration du programme de priorisation des actions de restauration de la continuité écologique. PJ: 1 synthèse et ses 3 annexes. .
- SCE 2012. Révision du SAGE de la Mauldre. Actualisation de l'état initial et du diagnostic. Rapport pour la commission locale de l'eau du comité du bassin hydrographique de la Mauldre et de ses affluents.
- SIRAS 2019. Etude de définition d'un programme de gestion et de restauration des rivières Austreberthe et Saffimbec. Rapport de phase 2 : Diagnostic et caractérisation par tronçons homogènes.
- SOCIÉTÉ DU CANAL SEINE-NORD EUROPE. 2020. *Le tracé du Canal Seine-Nord Europe* [Online]. Available: <https://www.canal-seine-nord-europe.fr/> [Accessed March 2020].