Le programme français de repeuplement en civelles

Bilan des trois premières années de transferts

Rapport d'expertise

Christian Rigaud
Laurent Beaulaton
Cédric Briand
Fabien Charrier
Eric Feunteun
Virgile Mazel
Françoise Pozet
Étienne Prévost
Anne Tréguier
Guy Verreault

Avril 2015

RESUME

En application du règlement (CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007 (*dit règlement anguille*), la France s'est engagée dans un **programme expérimental de « repeuplement » en civelles**. Depuis 2011, des repeuplements de civelles ont été réalisés sur différents sites français. Cette expertise a pour objectif d'analyser les données disponibles au terme des trois premières années.

Les anguilles colonisent naturellement une variété importante de milieux depuis la zone côtière jusqu'en amont des cours d'eau. Cependant, au sein d'un bassin versant, la densité d'anguilles décroit de manière exponentielle depuis la limite de marée dynamique vers l'amont. Le « repeuplement » ou **transfert de civelles** consiste à déverser des civelles issues de pêches maritimes ou fluviales, et à les déplacer vers différents sites plus ou moins éloignés de leur zone de capture. Le transfert d'anguilles depuis des zones de fortes abondances vers des zones de faibles abondances a été initié en France au milieu du XIX siècle. Cependant, les tentatives de transfert à des fins de conservation visant à **augmenter la production et l'échappement de reproducteurs** et ultimement le recrutement, sont relativement récentes.

Le Règlement anguille indique que « si un état membre autorise la pêche d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm […] il affecte **au moins 60%** de toutes les anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm pêchées dans ses eaux chaque année destinées à la commercialisation en vue de servir au **repeuplement dans les bassins hydrographiques** de l'anguille […] aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées. »

En réponse à ce règlement européen, la France a choisi de maintenir la pêche civellière et le Plan de Gestion Anguille (*PGA*) français du 3 février 2010 a fixé pour objectif « de **réserver 5 à 10 %** des civelles pêchées annuellement à des opérations de repeuplement sur les bassins français ». Ces transferts sur le territoire métropolitain devront alors faire l'objet de **suivis** afin de « quantifier la contribution des opérations à la restauration des stocks. »

La présente expertise a mobilisé 10 experts dans le but de produire un état des lieux sur l'efficacité de ces « repeuplements **»**, ainsi que des recommandations sur les protocoles de déversement et de suivi, dans la perspective d'un triple objectif :

- **Informer les gestionnaires** de l'anguille impliqués dans ces opérations
- Servir de **base au rapportage** de la Commission européenne en 2015
- Permettre **l'optimisation de la mise en œuvre de la seconde phase de transferts**, si celle-ci devait continuer à figurer dans le PGA français.

Les transferts de civelles effectués dans le cadre du PGA interviennent en plusieurs étapes (*Figure 1*). En premier lieu, un **appel à projets** détaillant le contexte, les objectifs et les protocoles des transferts est diffusé. En parallèle, les COGEPOMI doivent fournir une **liste de sites favorables** aux déversements. Une fois les projets acceptés, il s'ensuit la **pêche** des civelles destinées au transfert. Ces civelles sont ensuite **stockées** et différentes **analyses** (*sanitaire, biométrie,…*) sont effectuées. Si les analyses sanitaires se révèlent négatives, les civelles sont déversées sur les différents sites sélectionnés et quelques civelles font l'objet d'un **test de mortalité sur court terme**. Enfin, 6, 12 et 36 mois après le déversement, des **pêches de suivi**, sur et autour des sites de déversement, sont mises en place pour suivre ces civelles déversées.

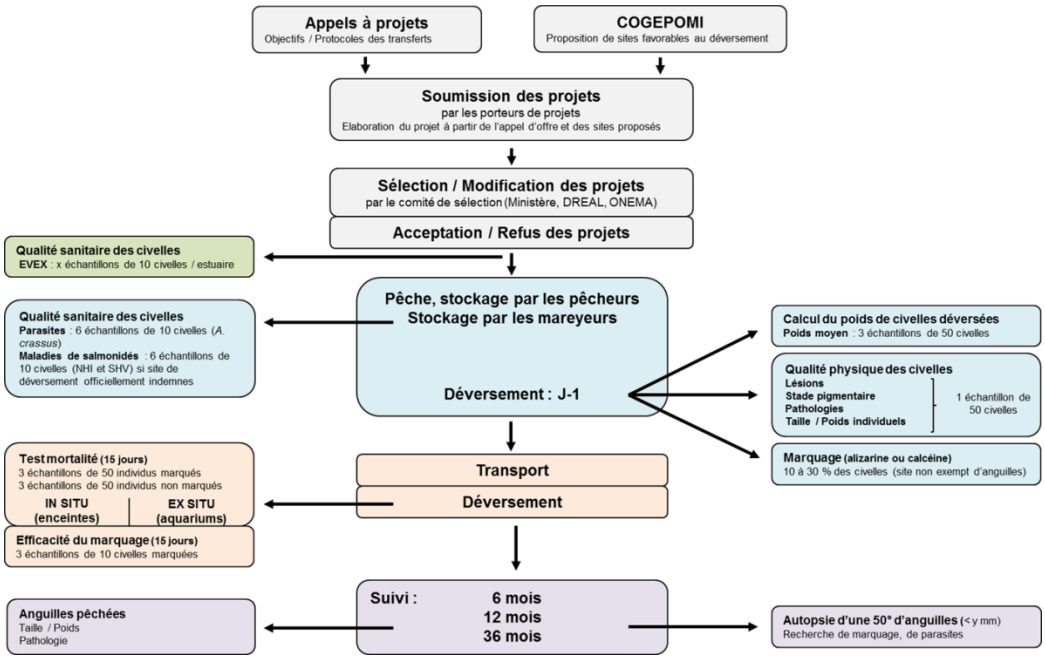

Figure 1 : schéma récapitulatif des différentes étapes des transferts, définies dans les appels à projet du PGA.

Les premiers transferts devaient démarrer en 2010 mais les projets ont été suspendus pour diverses raisons. En 2011, seuls 1.7 % des civelles pêchées ont été destinées aux transferts métropolitains pour atteindre près de 9 % en 2013, comme stipuler dans le PGA français. Finalement, **28 projets** ont vu le jour **entre 2011 et 2013**, conduisant au déversement de **6 768 kg de civelles** (*environ **20 millions d'individus***) dans six Unités de Gestion Anguille (*UGA, Figure 2*), pour un budget total de **4 millions d'euros**.

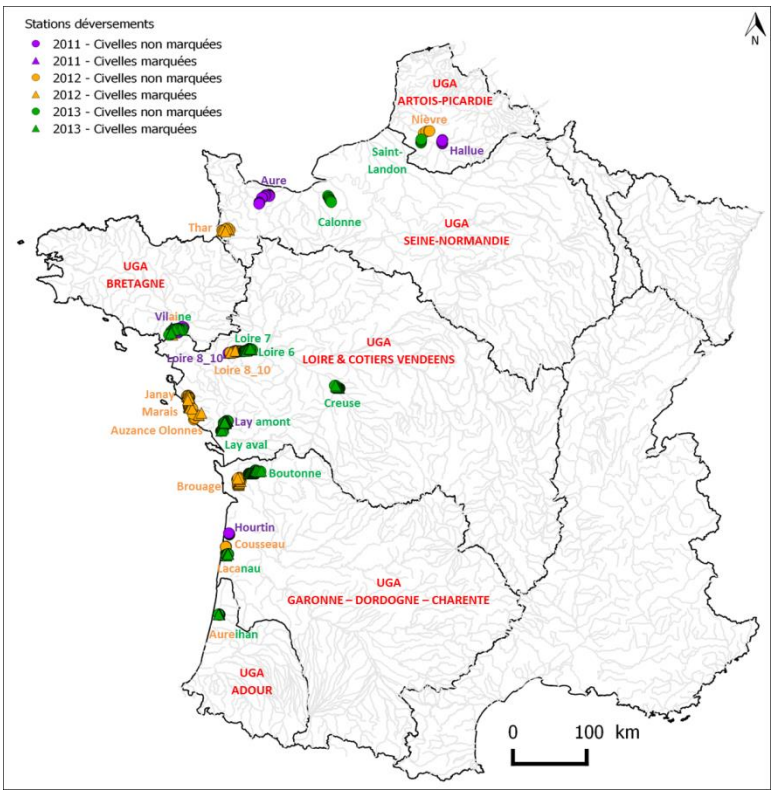

Figure 2 : carte de la répartition des sites de déversement et des projets ayant fait l'objet de marquage

Ces 28 projets sont répartis sur **25 sites**, soit **18 cours d'eau**, **3 marais** et **4 plans d'eau** (*Figure 2*). Ces divers sites sont cependant majoritairement localisés dans les **zones aval des bassins versants**.

Entre 2011 et 2013, **30 lots de civelles** ont été constitués pour réaliser les 28 projets. Ils présentent une certaine variabilité dans leurs caractéristiques. Ils ont été pêchés entre les mois de janvier et avril et été stockés dans 7 viviers de mareyage pendant quelques jours à deux mois. Durant ce stockage, diverses **analyses sanitaires** ont été effectuées : les virus de salminonidés NHI et SHV (*dont l'anguille peut être porteuse*) et le parasite de l'anguille *Anguillicola crassus* n'ont été détectés dans aucun des 30 lots. En revanche, le virus EVEX a été détecté dans certains lots ou certains estuaires prédestinés pour être à l'origine de lots de civelles, en particulier dans les UGA du Sud (*Garonne-Dordogne-Charente et Adour*).

La veille du lâcher, diverses variables sont mesurées sur des échantillons de 50 civelles. Le **poids moyen** permet d'estimer la quantité de civelles contenues dans les kilogrammes déversés sur les sites. Le **stade pigmentaire** des civelles dépend de leur stade pigmentaire lors de la pêche et des conditions de stockage chez les mareyeurs. L'**indice de condition**, qui dérive de la **taille** et du **poids** et mesure l'embonpoint, ainsi que le **pourcentage de lésions** des civelles ont fait l'objet de modèles dont les résultats sont schématisés dans la *figure 3*.

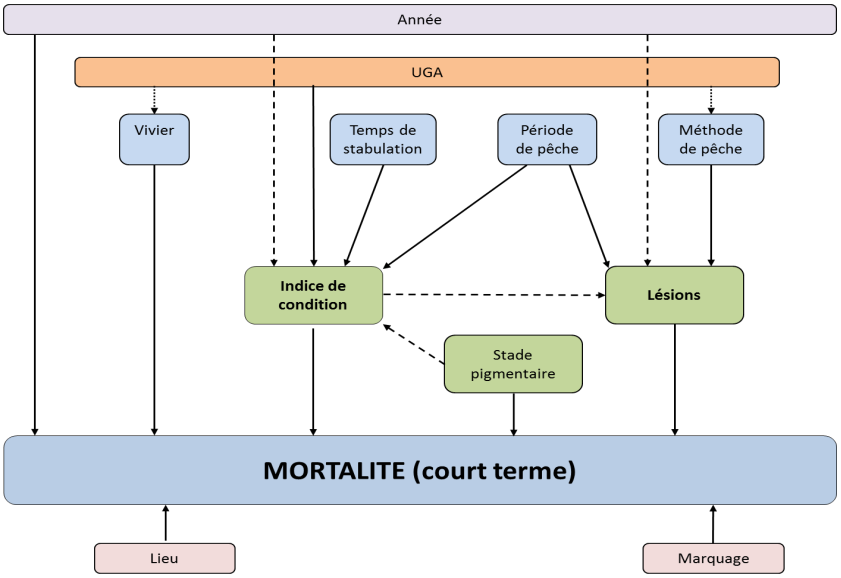

Figure 3 : schéma récapitulatif des effets des diverses variables testées sur l'indice de condition, le pourcentage de lésion et la mortalité à court terme. Les différentes couleurs représentent les diverses échelles d'étude (année, UGA, lot, expérimentation, civelles). Les flèches en tiret représentent des effets plus faibles que les flèches pleines, et les flèches en pointillé représentent des effets supposés mais non testés.

Un **marquage** des civelles à l'alizarine a également été effectué sur **10 à 38 % des civelles** de 20 projets sur les 28.

Le jour du déversement, une expérimentation a été menée afin de comparer **la survie à 15 jours** des civelles de chaque lot, dans différentes conditions : en laboratoire et *in situ*, marquées et non marquées. Cette survie est extrêmement variable entre les lots mais également entre les diverses conditions expérimentales d'un même lot. Un modèle bayésien a mis en évidence l'influence de certaines variables sur la survie des civelles (*Figure 3*).

Pour chaque projet, les civelles ont été déversées en différents points, à pied ou par bateau, entre les mois de février et avril. A 6, 12 et 36 mois, **des suivis** ont été effectués sur chaque site afin d'estimer **l'efficacité des transferts**. Pour cela, diverses stations de suivi ont été échantillonnées par pêche électrique ou par pêche aux verveux.

Une première approche pour déterminer l'efficacité des transferts est de calculer une **survie apparente**, bien que l'absence de connaissances suffisantes sur l'estimation des densités, l'intensité

du recrutement, les phénomènes de dispersion et la capacité d'accueil des sites de déversement nécessitent de poser **différentes hypothèses non vérifiables par les données disponibles**. La *figure 4* met en évidence des survies apparentes estimées très variables. La proportion d'anguilles déjà présentes sur le site de déversement, la densité initiale et la qualité des civelles déversées expliquent partiellement les différences observées. **Cependant, en raison du nombre d'hypothèses considérées, les résultats présentés concernant la survie apparente sont uniquement exploratoires et visent à comparer les projets entre eux afin de poser les jalons pour améliorer les prochaines opérations de repeuplement.**

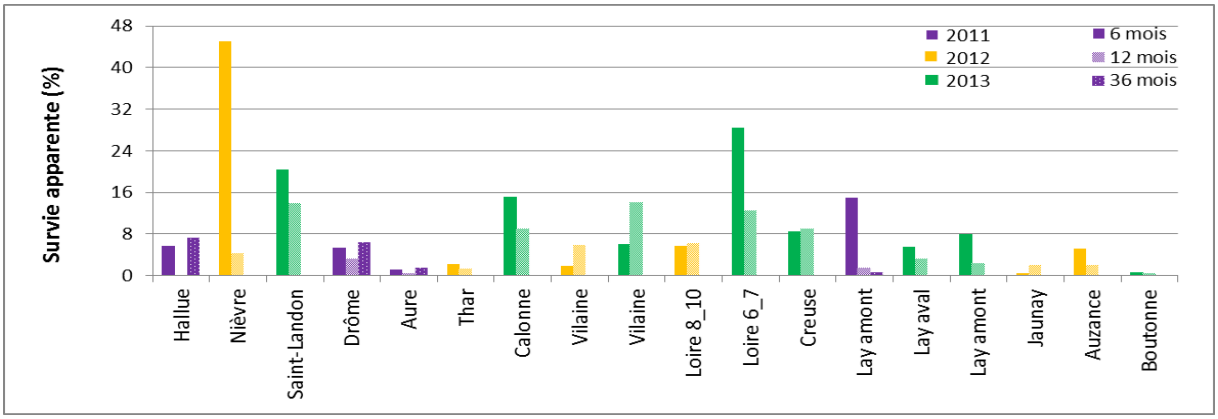

Figure 4 : survies apparentes estimées à partir de densités d'anguilles et de la surface de zone colonisable du site de déversement.

Une autre approche pour mesurer l'efficacité des transferts consiste à **estimer la croissance des anguilles déversées**, qui s'avère être également très variable entre les sites, souvent plus faibles dans les UGA du Nord (*AP et SN*) et plus élevée dans les UGA du Sud (*GDC et ADR*). Cependant, le faible nombre d'individus capturés pour certains projets rend ces estimations moins fiables.

Cette expertise souligne en premier lieu la nécessité d'une bonne maîtrise des actions entre capture et déversement *(qualité des individus et bon taux de survie)* et d'une réflexion importante quant au choix des sites de déversement.

Tout d'abord, le comité recommande de choisir les **sites de déversement** *via* deux étapes. La première consiste à définir des **zones d'intervention privilégiées** au sein des UGA ou des bassins versants. La seconde consiste à sélectionner des secteurs présentant un **fort potentiel d'accueil** pour les jeunes stades et à proximité d'habitats favorables aux anguilles plus grandes qui en découleront. Les plans d'eau et les zones de marais ont notamment été mis en lumière même si la présente expertise n'a pas permis de mesurer l'efficacité des transferts sur ce type de sites. De plus, la quantité de civelles déversées doit être adaptée à la **quantité d'habitats favorables et disponibles** à proximité. De même, la surface colonisable par les individus déversés doit pouvoir être calculée par des cartographies existantes.

Les **analyses sanitaires sont à maintenir** concernant les virus EVEX, SHV, NHI voire NPI et le parasite *Anguillicolla crassus* mais les **effectifs analysés doivent être augmentés** pour fiabiliser les résultats. Par ailleurs, un travail préalable d'**évaluation de la prévalence du virus EVEX** serait nécessaire pour rendre les analyses réalisées lors des transferts cohérentes et exploitables.

La survie des individus déversés et donc l'efficacité des transferts semblent liées à la qualité des civelles déversées. Le comité recommande l'**optimisation de la pêche** (*période de prélèvements et*

méthodes de pêche) **et du stockage des civelles** (*durée et condition de stockage*) en vue notamment de **diminuer l'occurrence des lésions à un seuil inférieur à 10 %** et de **ne pas déverser plus de 20 % de civelles de stades pigmentaires supérieurs à VIA2**, pour chaque opération. Par ailleurs, Il recommande également d'optimiser les conditions de transport et de standardiser le protocole d'estimation du nombre de civelles déversées, nombre nécessaire pour évaluer l'efficacité des transferts.

Le Comité souhaite également souligner tout l'intérêt qu'il y aurait à profiter de tout ou partie des actions de transfert pour **accroître le niveau de connaissances** des retombées biologiques de ces actions, notamment en termes **d'anguilles argentées produites** (*qualité, quantité*). Ces transferts pourraient également être à même d'accroître les connaissances concernant le **comportement des civelles relâchées** (*notamment en termes de de dispersion*). Certains projets de transfert pourraient en effet constituer des **sites pilotes** pour répondre à ces objectifs.

SOMMAIRE

1. ORIGINE, ATTENDUS ET DEROULEMENT DE L'EXPERTISE 27

2. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES RETOMBEES BIOLOGIQUES DES TRANSFERTS D'ANGUILLES 28

1. Répartition naturelle 28

2. Transferts 36

1. Historique des transferts 36
2. Les effets du transfert 36
3. Les principaux risques sanitaires liés aux transferts 40

3. TRANSFERTS ET PLAN DE GESTION DE L'ANGUILLE 42

1. Rappel du cadre réglementaire général 42

2. Les étapes du transfert de civelles 44

1. Le choix des sites de déversement 46
2. La pêche et le stockage des civelles 48
3. Les analyses de la qualité des civelles et le marquage 48
4. Le test de mortalité et le déversement 49
5. Les suivis ultérieurs 50

4. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES SUR LES TROIS ANNEES DE TRANSFERT ET DE SUIVI 50

1. Les projets de transferts de civelles 51

2. Les sites de déversement 53

3. La phase de pré-déversement 57

1. La pêche et la stabulation des lots de civelles 57
2. Les analyses sanitaires 60
3. Les analyses effectuées la veille du déversement 62

4. La phase de déversement 76

1. Test de mortalité 76
2. Validation du marquage 85
3. Les sites de déversement 86

5. Les phases de suivi 90

1. La survie apparente des civelles déversées 90
2. Croissance estimées des civelles déversées 98
3. Taux de parasitisme des anguilles autopsiées 104

5. CONSTATS ET RECOMMANDATIONS DU COMITE D'EXPERTISE MANDATE PAR LE GRISAM 105

1. Avant-propos. Cadrage du travail du Comité 105

2. Constats et Recommandations sur le choix des sites de déversement 107

3. Constats et recommandations sur les analyses sanitaires 110

1. EVEX et autres virus 110
2. Parasites 112

4. Constats et recommandations sur les modalités de stockage et de conditionnement des civelles pour le transport avant déversement 113

5. Constats et recommandations sur le suivi 116

6. REMERCIEMENTS 118

7. BILIOGRAPHIE 118

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : densité prédite d'anguilles en France estimée à partir de données de pêche électrique (Jouanin et al., 2012) 29
Figure 2 : probabilité de présence de l'anguille par classe de taille dans le bassin de la Loire (Lasne et Laffaille, 2008) 30
Figure 3 : préférence d'habitat pour les anguilles de moins de 150 mm (haut) et de plus de 450 mm (bas) (Laffaille et al., 2003). 30
Figure 4 : schéma représentant les sexe-ratio en fonction des conditions environnementales. Chaque cercle représente une rivière et/ou une période temporelle (Robinet et al., 2007). 31
Figure 5 : positionnement des pêcheries d'anguilles argentées sur la Loire (Letourmy, 2011) 32
Figure 6 : sex-ratio moyen entre 2007 et 2011 observé sur les différentes pêcheries d'anguilles argentées de la Loire (Letourmy, 2011). 32
Figure 7 : distribution de la taille des anguilles argentées femelles de la Loire sur un site amont (site 1) et un site aval (sites 8,9) (Bodin et al., 2011) 33
Figure 8 : densité d'obstacles sur le bassin de la Loire (Steinbach, 2001) 34
Figure 9 : occurrence d' Anguillicoloïdes crassus sur l'UGA Adour (Bellet et al. 1998 in Adam et al., 2008) 35
Figure 10 : schéma conceptuel des différentes étapes pour évaluer l'intérêt de l'alevinage où MR = Mortalité due aux blessures par les engins de pêche + Mortalité liée à la stabulation + Mortalité liée au marquage + Mortalité liée à l'opération d'alevinage, MN = Mortalité des anguilles « naturelles », où CR = Contribution des anguilles issues du Repeuplement et CN = Contribution des anguilles « Naturelles ». (Frotté et al., 2012) 37
Figure 11 : distribution en taille des anguilles argentées « naturelles » et issues du transfert dans l'estuaire du St Laurent, Canada (Stacey et al., 2014) 38
Figure 12 : proportion de mâles dans les captures d'anguilles argentées dans le Lough Neagh en relation avec les périodes de transfert (Parsons et al., 1977) 39
Figure 13 : répartition par sexe des captures d'anguilles argentées à la sortie du lac Fardume träsk (Suède) (Holmgren et al., 1997) 39
Figure 14 : schéma récapitulatif des différentes étapes des transferts, définies dans les appels à projet du PGA. Le nombre d'échantillons testés pour la détection d'EVEX (x) et les tailles des individus autopsiés (y) ont évolué au cours des appels à projets (voir détails dans le texte). 45
Figure 15 : grille de sélection des sites de transfert de civelles définie dans le plan national français de gestion de l'anguille et appliquée dans l'appel à projet de 2011. 47
Figure 16 : grille de sélection des sites de transfert de civelles proposée par le MNHN et appliquée dans les appels à projet à partir de 2012 47
Figure 17 : grille de détermination de la densité de civelles à déverser selon différents critères intrinsèques au site, relatifs à la population d'anguilles indigènes et à l'historique de transferts. 48
Figure 18 : carte de la répartition des sites de déversement et des projets 51
Figure 19 : les sites de déversement situés dans les UGA Artois-Picardie (AP, haut) et Seine-Normandie (SN, bas) 54
Figure 20 : les sites de déversement situés dans les UGA Bretagne (BRE, haut) et Loire et Côtiers Vendéens (LCV, bas) 55
Figure 21 : les sites de déversement situés dans les UGA Garonne – Dordogne – Charente (GDC, haut) et Adour (ADR, bas) 56
Figure 22 : période de constitution des lots de civelles en date calendaire (haut) et en pourcentage de la saison de pêche de l'UGA (bas). Les rectangles représentent la date de début et de fin de pêche. La date calendaire correspond au numéro du jour de l'année. Ainsi, tous les lots ont été constitués avant le 94° jour de l'année (13 avril). La saison de pêche est définie par arrêtés préfectoraux. 58

Figure 23 : durée de la période de pêche et du temps de stockage dans les viviers des mareyeurs pour chaque lot de civelles. Cette durée ne prend pas en compte la durée de déversement puisque tous les lots de civelles ont été déversés en une ou deux journées, à l'exception de la Vilaine en 2012 (huit jours entre le début et la fin du déversement). 59
Figure 24 : proportion (et nombre) de lots stockés dans chaque vivier de mareyage. Les viviers en légende sont classés par ordre géographique du Nord au Sud. Les secteurs avec points blancs, sans points, et avec briques blanches représentent respectivement les années 2011, 2012 et 2013. 59
Figure 25 : différentiel entre la moyenne des poids moyens calculée à partir de trois échantillons tamisés de 50 civelles et la moyenne des 50 civelles mesurées au laboratoire, pour chaque lot. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. 63
Figure 26 : distribution de chaque stade pigmentaire observé sur les 50 civelles de chaque lot. L'appel à projet recommande de ne déverser que des civelles dont le stade pigmentaire est compris entre VA et VIA3. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012. 65
Figure 27 : calibration de l'indice de condition. Les points représentent la taille et le poids mesurés sur les 1702 civelles des 30 lots pêchées entre 2011 et 2013. Le nombre de segments rattaché à un point représente le nombre d'individus du poids et de la taille définis par ce point. La courbe rouge représente la prédiction du poids des civelles au quantile 75 %. 66
Figure 28 : estimations des effets de l'année, de l'origine des civelles et de leur stade pigmentaire sur la taille des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices ne permettent pas de calculer directement la taille des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique. 68
Figure 29 : estimations des effets de l'année et de l'origine des civelles sur le poids des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices ne permettent pas de calculer directement le poids des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique. 69
Figure 30 : estimations des effets de l'origine des civelles et de leur stade pigmentaire sur l'indice de condition des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices ne permettent pas de calculer directement l'indice de condition des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique. 70
Figure 31 : répartition de la taille des 50 civelles des chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des tailles de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012. 71
Figure 32 : répartition du poids des 50 civelles de chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des poids de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012. 72
Figure 33 : répartition l'indice de condition des 50 civelles de chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des indices de condition de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012. 72
Figure 34 : pourcentage de civelles présentant les différents types de lésion au sein des différents lots. Les chiffres 0 à 2 représentent l'intensité des lésions avec 0 : absence de lésion ; 1 : lésion de faible intensité ; 2 : lésion de forte intensité. Le premier chiffre correspond aux lésions observées sur la queue, le second, à celles observées sur le corps. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012. 73
Figure 35 : estimations des effets de l'origine des civelles et de l'année sur la probabilité de lésion des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices ne

permettent pas de calculer directement les risques de lésions des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique..... 74
Figure 36 : quantité de civelles, marquées et non marquées, déversée sur chaque site et chaque année. Les nombres représentent le pourcentage de civelles marquées. En 2011, les projets Aure et Lay ont été dissociés en deux (Aure/Drôme, et Lay amont/Lay aval, respectivement). En 2012, le projet Auzance-Olonne a été dissocié en trois (Auzance+Ciboule/Auzance aval/Olonne)..... 75
Figure 37 : dispositifs expérimentaux du test de mortalité : les civelles sont placées durant 15 jours dans des aquariums (gauche) ou dans des enceintes, installées sur le site de déversement. Photos prises par Fish-Pass.. 76
Figure 38 : description du modèle bayésien visant à expliquer les taux de survie des civelles à l'aide de diverses variables (voir Annexe 1 pour les détails)..... 78
Figure 39 : estimations des effets de l'année (a), de stade pigmentaire (b), du vivier de mareyage (c), du lieu d'expérimentation et du marquage (d) sur la probabilité de survie des civelles des lots déversés, selon le modèle bayésien. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices nécessitent une transformation logarithmique pour calculer les risques de lésions des civelles..... 80
Figure 40 : distribution de la probabilité de survie à court-terme des civelles de chaque lot, estimée par le modèle, sans distinction de la condition expérimentale (laboratoire, in situ, avec et sans marquage)..... 81
Figure 41 : probabilités de survie prédites par le modèle selon la présence / absence de marquage ainsi que l'année (a), le vivier de mareyage (b), le pourcentage de civelles lésées (c), l'indice de condition moyen des civelles (d) et la proportion de civelles de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 (e). L'un des boxplots (*) représente les probabilités prédites pour les valeurs références de chaque variable (année 2012, vivier A, absence de lésion, indice de condition moyen de 100, 0 % de civelles de stades supérieurs au stade VIA2)..... 83*
Figure 42 : schéma récapitulatif des effets des diverses variables testées sur l'indice de condition, le pourcentage de lésion et la mortalité à court terme. Les différentes couleurs représentent les diverses échelles d'étude (année, UGA, lot, expérimentation, civelles). Les flèches en tiret représentent des effets plus faibles que les flèches pleines, et les flèches en pointillé représentent des effets supposés mais non testés. 85
Figure 43 : distribution du poids de civelles déversées par point de déversement et de la distance entre un point de déversement et son voisin le plus proche situé en aval, pour chaque site de déversement. Cette distance n'est pas calculable pour les étiers, les marais et les plans d'eau. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Le nombre de point de déversement est spécifié dans le tableau 12. 87
Figure 44 : distribution de la saturation en oxygène (haut) et du pH (bas) aux points de déversement, pour chaque site et chaque année. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Les nombres au-dessus de l'axe horizontal correspondent au nombre de valeurs..... 88
Figure 45 : distribution de la température de l'eau (haut) et du différentiel entre la température de l'eau et celle des caisses de civelles (bas) aux points de déversement, pour chaque site de déversement. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Les nombres au-dessus de l'axe horizontal correspondent au nombre de valeurs. Les barres horizontales grises représentent un différentiel de température de -2 et 2 °C..... 89
Figure 46 : densités de civelles initialement déversées (a), densités d'anguilles estimées comme étant issues du transfert durant les différents suivies (b), et survies apparentes (c) calculées à partir de ces densités et de la surface de la zone colonisable. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. 95
Figure 47 : taux de survie estimé des civelles durant l'expérimentation en laboratoire de 15 jours, prenant en compte le marquage, définissant la qualité des lots déversés. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. .. 96
Figure 48 : nombre de civelles déversées par point de déversement, estimé à partir du poids moyen d'une civelle calculé via la pesée de 3 échantillons de 50 individus. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. .. 96

*Figure 49 : pourcentage d'anguilles de la taille d'intérêt estimées comme étant issues de la colonisation naturelle, défini à partir du pourcentage de civelles marquées déversées et du pourcentage d'individus marqués parmi les individus autopsiés de la cohorte recherchée. Les * identifient les projets concernés par le marquage. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. 96*
Figure 50 : distribution de la taille des individus de la classe de taille d'intérêt capturés lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois(c). Les individus étant issus du déversement (tous les individus pour les projets sans marquage et les individus marqués de la cohorte recherchée pour les projets avec marquage) sont représentés sans transparence, contrairement aux individus dont l'origine ne peut être déterminée (individus non marqués de la cohorte recherchée pour les projets avec marquage) qui sont représentés en transparence. Les tailles représentées correspondent aux mesures de terrain pour les projets sans marquage et aux mesures en laboratoire (plus précises) lorsqu'une autopsie a été réalisée. Les projets de 2011,2012 et 2013 sont illustrés respectivement en violet, orange et vert. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. 100
Figure 51 : distribution de la croissance des individus de la classe de taille d'intérêt capturés lors des suivis 6 mois (mm / 6 mois, a), 12 mois (mm / an, b) et 36 mois (mm / an, c)(cf. texte pour détails de calcul). Pour plus de clarté, tous les individus des projets avec marquage ont été regroupés, bien que l'origine des individus autopsiés non marqués ne puisse être déterminée. Les projets concernés par cette incertitude sont représentés en transparence. Les tailles représentées correspondent aux mesures de terrain pour les projets sans marquage et aux mesures en laboratoire (plus précises) lorsqu'une autopsie a été réalisée. Les projets de 2011,2012 et 2013 sont illustrés respectivement en violet, orange et vert. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. 101
Figure 52 : prévalence du parasite Anguillicoloïdes crassus dans la vessie natatoire des individus au moment de l'autopsie au cours des divers suivis. Les nombres d'individus autopsiés sont indiqués au-dessus des barres. Concernant l'Hallue, l'information n'est renseignée que pour le suivi 6 mois. Seul trois projets ont fait l'objet d'une autopsie au suivi 36 mois. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA. 105
Figure 53 : distribution de la probabilité de survie à 15 jours estimée par le modèle de mortalité selon l'occurrence de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 et le taux de lésions. Pour chaque occurrence de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2, 6 taux de lésions sont représentés (de gauche à droite : 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 %). La condition « référence » est représentée en violet(année 2012, vivier le plus fréquemment sollicité, indice de condition moyen de 100, absence de lésion, 0 % de civelles de stades supérieurs au stade VIA2). Les conditions pour lesquelles il y a au moins 25 % de chances que la probabilité de survie à 15 jours estimée par le modèle soit supérieure à 85 % (limite représentée par la ligne bleue) sont représentés en gris. Les conditions ne remplissant pas cette exigence sont représentée en rouge. 114
Figure 54 : carte localisant les 9 points de déversement et la station de suivi sur l'Hallue. Le cours d'eau, représenté en bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. 5kg de civelles ont été déversés à chaque point. L'un des points de déversement n'est pas visible sur la carte en raison de sa superposition géographique avec le troisième point le plus au Nord. 126
Figure 55 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 3 ans (b) sur l'Hallue. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. 127
Figure 56 : cartes localisant les 4 points de déversement et les 4 stations de suivi sur la Nièvre (a), les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). 128
Figure 57 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivis 6 mois sur la Nièvre. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert. Le suivi 1 an n'est pas représenté puisque seuls 4 individus ont été pêchés (Tableau ci-dessous). 129

Figure 58 : cartes localisant les 5 points de déversement et les 3 stations de suivi sur Saint-Landon (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). 131
Figure 59 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) sur Saint-Landon. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. 132
Figure 60 : cartes localisant les 15 et 12 points de déversement ainsi que les 12 et 8 stations de suivi sur la Drôme (a) et l'Aure (b), respectivement. Les cours d'eau, représentés par les linéaires bleus, sont grossis lorsqu'ils sont considérés comme étant colonisables par les civelles déversées. 5 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement, sur les deux cours d'eau. 135
Figure 61 : cartes localisant les points de déversement et les captures de la classe de taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c), sur la Drôme. Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station. 136
Figure 62 : cartes localisant les points de déversement et les captures de la classe de tailles d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c), sur l'Aure. Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station. 137
Figure 63 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c) sur la Drôme. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. Au vu de la quantité d'anguilles qui ne sont pas issus du transfert, les individus présents sur les deux stations très en aval de la zone de déversement (représentés en blanc), sont considérés comme ayant colonisés le milieu naturellement. Au suivi 36 mois, la taille limite est fixée à 240 mm, comme indiqué dans l'appel à projet. 139
Figure 64 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois sur l'Aure. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. Au vu de la quantité d'anguilles qui ne sont pas issus du transfert, les individus présents sur les deux stations très en aval de la zone de déversement (représentés en blanc), sont considérés comme ayant colonisés le milieu naturellement. Au suivi 36 mois, la taille limite est fixée à 240 mm, comme indiqué dans l'appel à projet. 140
Figure 65 : cartes localisant les 22 points de déversement et les 25 stations de suivi sur le Thar (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus autopsiés et marqués, de la cohorte recherchée (b et c). 141
Figure 66 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (b et c) sur le Thar. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron) sur les graphiques a et c. Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la bonne cohorte non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir) sur les graphiques b et d. 142
Figure 67 : cartes localisant les 10 points de déversement et les 20 stations de suivi sur la Calonne (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus à côté des points de déversement correspondent aux poids de civelles

déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). *144*
Figure 68 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois sur la Calonne. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. *145*
Figure 69 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur la Vilaine. Il est à noter que les civelles marqués n'ont été déversées que sur un étier en 2011 et qu'à l'Est de la zone de déversement en 2012 alors qu'elles sont réparties sur toute la zone de déversement en 2013. ..... *147*
Figure 70 : cartes localisant les 40 points de déversement et les 20 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (cf. tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b) pour le projet de 2011. 5 kg de civelles ont été déversés à chaque point. Les cinq points de déversement de civelles marquées sont localisés au nord-ouest de la zone. Les nombres en noir à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus de la cohorte recherchée autopsiés et marqués (b). Les captures aux suivis 12 et 36 mois ne sont pas indiquées car aucun individu autopsié n'était marqué. *148*
Figure 71 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c) et 36 mois (d) sur le Vilaine, pour le projet 2011. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron) sur les graphiques a, c et d. Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, b et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir), uniquement pour le suivi 6 mois (b), les autres suivis n'ayant pas permis de trouver d'individus marqués de la cohorte recherchée. *150*
Figure 72 : cartes localisant les 22 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2012. Les nombres à côté des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus de la cohorte recherchée autopsiés et marqués (b et c). La croix rouge (a) visualise la station de suivi pour laquelle deux individus de 2 ans (donc déversés en 2012) ont été autopsiés au cours du suivi 36 mois du projet Vilaine 2011. ..... *152*
Figure 73 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Vilaine, pour le projet 2012. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. *154*
Figure 74 : cartes localisant les 42 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2013. 10 kg de civelles ont été déversées à chaque point de déversement situé sur le cours principal contre 2 à 10 kg pour les points situés sur les boues, en périphérie du cours principal. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). *156*
Figure 75 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Vilaine, pour le projet 2013. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des

individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 158
Figure 76 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur la Loire..... 161
Figure 77 : cartes localisant les 31 points de déversement et les 20 stations de suivi sur les lots 8 à 10 de la Loire, pour le projet de 2011. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). 5kg de civelles ont été déversées à chaque point. 162
Figure 78 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b et c) et 36 mois (c et d) sur les lots 10 à 8 de la Loire, pour le projet 2011. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron). Ainsi, les individus représentés en bleu correspondent à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée. Les graphiques c et e ont été zoomés (b et d) étant donné le nombre important d'anguilles pêchées. 162
Figure 79 : cartes localisant les 102 points de déversement et les 25 stations de suivi sur les lots 10 à 8 de la Loire (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2012. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Un maximum de 12 kg de civelles a été déversé à chaque point (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus autopsiés et marqués de la cohorte recherchée (b et c). 165
Figure 80 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur les lots 10 à 8 de la Loire, pour le projet 2012. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié..... 166
Figure 81 : cartes localisant les 72 points de déversement et les 50 stations de suivi sur les lots 7 et 6 de la Loire (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Un maximum de 10 kg de civelles a été déversé à chaque point (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c)..... 168
Figure 82 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur les lots 7 à 6 de la Loire, pour le projet 2013. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié..... 169
Figure 83 : carte localisant les 26 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Creuse. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Cette zone exclue les cinq dernières stations de suivi en raison de la présence d'un barrage, représenté en noir. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversées..... 171

Figure 84 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) sur la Creuse. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station. Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement. 172
Figure 85 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur la Creuse. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 173
Figure 86 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur le Lay. 177
Figure 87 : cartes localisant les 31 points de déversement et les 20 stations de suivi sur le Lay (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b), 12 mois (c) et 36 mois (d), pour le projet de 2011. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Trois points de déversement et deux stations de suivi sont exclus de la zone colonisable en raison de la présence d'un barrage, représenté par le trait noir. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b). 178
Figure 88 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c) sur le Lay en aval du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée. Aucun individu n'a été autopsié au suivi 36 mois (c). 181
Figure 89 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b), 12 mois (c et d) et 36 mois (e et f) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c, e). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c, e). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d, f). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 182
Figure 90 : carte localisant les 30 et 34 points de déversement et les 25 et 25 stations de suivi sur le Lay à l'aval (a) et l'amont (b) du barrage, représenté en noir, en 2013. Sur chaque carte, le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Sur la partie amont, 10 kg ont été déversés sur chaque point (à l'exception de 2 points : 6 et 9 kg). 184
Figure 91 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a,c) et 12 mois (b,d) sur le Lay, à l'aval (a,b) et à l'amont (c,d) du barrage, en 2013. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement. 185
Figure 92 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en aval du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les

individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 186
Figure 93 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 187
Figure 94 : carte localisant les 9 points de déversement et les 13 stations de suivi sur Jaunay (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés.. 191
Figure 95 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station. Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement. 192
Figure 96 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur Jaunay. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 193
Figure 97 : carte localisant les 13 points de déversement et les 12 stations de suivi dans le cadre du projet Auzance Olonne. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés. Ainsi, quatre zones peuvent se distinguées : les cinq points de déversement avec de fortes quantités de civelles déversées sur Olonne, les deux points de déversement sur la partie aval de l'Auzance, le point de déversement sur la Ciboule, et les cinq points de déversement sur la partie amont de l'Auzance. Seules les deux dernières zones, sur lesquelles seules de civelles marquées ont été déversées, ont fait l'objet d'un suivi. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées, deux points de suivi ne sont pas inclus dans la zone colonisable car un barrage, représenté par le trait noir, sépare ces deux suivis des dix autres. 194
Figure 98 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c) sur l'Auzance (amont) et la Ciboule. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). 195
Figure 99 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. 197
Figure 100 : cartes localisant les 26 points de déversement et les 25 stations de suivi dans le marais breton (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Les

nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). *198*
Figure 101 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans le marais breton. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. *200*
Figure 102 : carte localisant les déversements successifs réalisés sur la Boutonne entre 2013 et 2014 ..... *203*
Figure 103 : cartes localisant les 61 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Boutonne (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Entre 3,5 et 4 kg de civelles ont été déversées à chaque point. (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). *204*
Figure 104 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur la Boutonne. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. *205*
Figure 105 : cartes localisant les 90 points de déversement et les 38 (25 et 29) stations de suivi dans le marais de Brouage (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). 3 kg de civelles ont été déversées à chaque point. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Tous ces individus ont été autopsiés. Les nombres en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués de la cohorte recherchée (b et c). *207*
Figure 106 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans le marais de Brouage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. *208*
Figure 107 : cartes localisant les 27 points de déversement et les 3 x 9 stations de suivi sur l'étang d'Hourtin (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 12 mois (b) et 36 mois (c), aucun individu n'ayant été capturé à 6 mois. Entre 1,5 et 2 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). *212*
Figure 108 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (b) dans le lac d'Hourtin. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu

représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. Aucun et 2 individus ont été capturés à 6 et 36 mois, respectivement. *213*
Figure 109 : cartes localisant les 40 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang de Cousseau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 12 mois (b), aucun individu n'ayant été capturé à 6 mois. 3,75 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). *214*
Figure 110 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (b) dans l'étang de Cousseau. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. Aucun individu n'a été capturé à 6 mois. *214*
Figure 111 : carte localisant les points de déversements des deux projets effectués dans le lac de Lacanau entre 2011 et 2013 ..... *215*
Figure 112 : cartes localisant les 153 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang de Lacanau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet 2012. 3 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).. *216*
Figure 113 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) dans l'étang de Lacanau. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. *217*
Figure 114 : cartes localisant les 133 points de déversement et les 15 et 17 stations de suivi sur l'étang de Lacanau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet 2013. Entre 2 et 6 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). *218*
Figure 115 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans l'étang de Lacanau. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié. *219*
Figure 116 : cartes localisant les 17 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang d'Aureilhan (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b), pour le projet 2012. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b). *222*
Figure 117 : cartes localisant les 17 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang d'Aureilhan (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b), pour le projet 2012. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b). *223*
Figure 118 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (a et b) dans le lac d'Aureilhan. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert

(bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Le suivi 6 mois n'est pas représenté puisque seuls 7 individus ont été capturés. 224
Figure 119 : carte localisant les 182 points de déversement et les 2 x 16 stations de suivi dans le cadre du projet Aureilhan 2013. 2 ou 4 kg de civelles ont été déversés à chaque point. 225
Figure 120 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c) dans le lac d'Aureilhan. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c). 226
Figure 121 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans l'étang d'Aureilhan. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en blanc représentent des individus autopsiés pour lesquels les otolithes étaient illisibles donc n'ont pas permis de déterminer s'ils appartenaient à la cohorte recherchée. .. 227

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau récapitulatif des données disponibles pour l'expertise 50
Tableau 2. Résumé des projets effectués entre 2011 et 2013 dans le cadre du Plan National de Gestion Anguille. 52
Tableau 3. Présentation des sites de déversement et des quantités déversées par UGA et par année 53
Tableau 4. Résumé des analyses sanitaires effectuées en 2011 et 2013 dans le cadre des 28 projets de transferts de civelles. 60
Tableau 5 . Résumé des variables étudiées pour expliquer la taille, le poids, l'indice de condition Wr et le pourcentage de lésions des 1702 civelles des 30 lots. 66
Tableau 6. Caractéristiques des meilleurs modèles expliquant la taille, le poids, l'indice de condition ou la présence de lésions, sélectionnés par la méthode de l'AIC (ΔAIC ≤ 2). 67
Tableau 7. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant la taille des civelles. 67
Tableau 8. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant le poids des civelles. 69
Tableau 9. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant l'indice de condition Wr des civelles. 70
Tableau 10. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant l'indice de condition Wr des civelles. 73
Tableau 11. Résumé des résultats des tests de mortalité effectués sur chacun des lots et pour chaque condition expérimentale. 77
Tableau 12. Tableau récapitulatif du déversement des civelles sur les sites. 86
Tableau 13. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant la taille des civelles. 97
Tableau 14. Résumé des tailles et des croissances estimées des individus capturées (et autopsiés et issus de la cohorte d'intérêt pour les projets avec marquage) pour chaque projet. 102
Tableau 15. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle du lot 122
Tableau 16. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle de l'expérimentation 122
Tableau 17. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle de l'expérimentation 123
Tableau 18. Résumé des captures des trois suivis effectués sur l'Hallue. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (Figure 55). 127
Tableau 19. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Nièvre. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (Figure 57). 130
Tableau 20. Résumé des captures des deux suivis effectués sur Saint-Landon. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (Figure 59). 132
Tableau 21. Résumé des données des projets de l'UGA Artois-Picardie 133
Tableau 22. Résumé des captures des trois suivis effectués sur la Drôme et l'Aure. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (Figure 63 et Figure 64). 138
Tableau 23. Résumé des captures des deux suivis effectués sur le Thar. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois, respectivement, Figure 66). 143
Tableau 24. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Calonne. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois, respectivement, Figure 68). 145
Tableau 25. Résumé des données des projets de l'UGA Seine-Normandie 146

Tableau 26. Résumé des captures des deux suivis effectués sur lest étiers de la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 mois et 36 mois respectivement, Figure 71). 151
Tableau 27. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les boires de la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 73). 153
Tableau 28. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 75). 157
Tableau 29. Résumé des données des projets de l'UGA Bretagne 159
Tableau 30. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 10 à 8 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 78Erreur ! Source du renvoi introuvable.). 164
Tableau 31. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 10 à 8 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 80). 167
Tableau 32. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 7 à 6 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 82). 170
Tableau 33. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Creuse. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 85). 174
Tableau 34. Résumé des données des projets du bassin de la Loire 175
Tableau 35. Résumé des captures des trois suivis effectués sur le Lay, en aval et en amont du barrage de Barrage de Mortevieille. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 et 36 mois mois respectivement, Figure 88 et Figure 89). 180
Tableau 36. Résumé des captures des trois suivis effectués sur le Lay, en aval et en amont du barrage de Mortevielle. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 mois et 36 mois respectivement, Figure 92 et Figure 93). 188
Tableau 37. Résumé des données des projets du bassin du Lay 189
Tableau 38. Résumé des captures des deux suivis effectués sur Jaunay. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 96). 192
Tableau 39. Résumé des captures des deux suivis effectués sur l'Auzance. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 99). 196
Tableau 40. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le marais breton. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 101). 199
Tableau 41. Résumé des données des projets du bassin Jaunay et Vie et du bassin de l'Auzance 201
Tableau 42. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Boutonne. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 104). 206
Tableau 43. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le marais de Brouage. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 106). 209
Tableau 44. Résumé des données des projets de l'UGA Garonne – Dordogne – Charente effectués sur un cours d'eau et un marais 210

Tableau 45. Résumé des captures des trois suivis effectués dans le lac d'Hourtin. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6, 12 et 36 mois respectivement, Figure 108). 213
Tableau 46. Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang de Cousseau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois respectivement, Figure 110). 215
Tableau 47. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le lac de Lacanau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois respectivement, Figure 113). 217
Tableau 48. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le lac de Lacanau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 115). 220
Tableau 49. Résumé des données des projets de l'UGA Garonne – Dordogne – Charente effectués sur des plans d'eau 221
Tableau 50. Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang d'Aureilhan. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 118). 225
Tableau 51 . Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang d'Aureilhan. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, Figure 121). 228
Tableau 52. Résumé des données des projets de l'UGA Adour 229

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Description du modèle bayésien visant à déterminer les facteurs influençant le taux de survie des civelles à 15 jours. 122
Annexe 2. Suivis post-déversement des anguilles 126

1. ORIGINE, ATTENDUS ET DEROULEMENT DE L'EXPERTISE

En application du règlement (CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007, la France s'est engagé dans un **programme expérimental de « repeuplement » en civelles**. Depuis 2011, des transferts de civelles ont été réalisés sur différents sites français et l'ONEMA a sollicité le GRISAM pour mettre en place un comité chargé d'expertiser les données disponibles au terme des trois premières années.

Dès 2012, une première analyse des données a été réalisée dans le cadre du rapportage européen mais seule une partie des données de la première année de « repeuplement » était alors disponible (Ministère de l'Ecologie, 2012). En 2014, un stage de master 2 a ciblé l'analyse d'une partie des données recueillies lors des trois années de « repeuplement » (Josset *et al.*, 2014).

La présente expertise intègre l'ensemble des données aujourd'hui disponibles. Elle a mobilisé un comité de 10 experts sollicitées par le GRISAM et permettant de disposer d'un regard diversifié sur ce programme d'actions et les données qui en résultent :

- RIGAUD Christian – IRSTEA, GRISAM / Pôle Ecohydraulique ONEMA-IMFT-IRSTEA
- BEAULATON Laurent – ONEMA / Pôle Gest'aqua ONEMA-INRA
- BRIAND Cédric – Institution d'aménagement de la Vilaine
- FEUNTEUN Eric – MNHN
- MAZEL Virgile et CHARRIER Fabien – Fish-Pass
- POZET Françoise – Laboratoire départemental d'analyses vétérinaires du Jura
- PREVOST Étienne – INRA / Pôle Gest'aqua ONEMA-INRA
- VERREAULT Guy – Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec
- TREGUIER Anne – ONEMA / Pôle Gest'aqua ONEMA-INRA, recrutée à plein temps pour cette expertise

Cette expertise a donné lieu à différentes analyses approfondies des données disponibles depuis la pêche des civelles jusqu'aux divers suivis, dans le but de produire un état des lieux sur l'efficacité de ces « repeuplements », ainsi que des recommandations sur les protocoles de déversement et de suivi, dans la perspective d'un triple objectif :

1. **Informer les gestionnaires** de l'anguille impliqués dans ces opérations
2. Servir de **base au rapportage** de la Commission européenne en 2015
3. Permettre **l'optimisation de la mise en œuvre de la seconde phase de transferts**, si celle-ci devait continuer à figurer dans le PGA français.

Cette expertise de quatre mois (mi-octobre à mi-février) a démarré par une première réunion du comité afin d'informer les différents membres des objectifs du Plan de Gestion Anguille français, des objectifs de l'expertise et des principales données disponibles, et de décider du déroulement de la mission.

Puis, en étroite collaboration avec Pierre-Marie Chapon (Pôle Gest'aqua ONEMA-INRA), Anne Tréguier s'est familiarisée avec la base de données, permettant d'intégrer son organisation, de réaliser des pré-analyses et de corriger des erreurs détectées lors de ces pré-analyses de données. En parallèle, elle s'est immergée dans les différents documents disponibles concernant les

« repeuplements » (rapports, analyses sanitaires, PV,…). Jérémie SOUBEN, de l'Association pour le Repeuplement de l'Anguille (ARA France), a alors été sollicité pour transmettre certains documents manquants. Cependant, à ce jour, certains documents (tels que les détails de la quantité de civelles pêchées par jour lors de la constitution des lots de civelles déversées) n'ont pu être récupérés, faute de temps.

Quelques analyses ont par la suite été menées, concernant principalement les données sur la phase de pré-déversement, avant la deuxième réunion d'expertise (mi-décembre). A la suite de ce point intermédiaire, les analyses pré-déversement ont été approfondies et des analyses cartographiques ont été initiées.

Début janvier, des données supplémentaires ont été acquises *via* un travail de lecture d'otolithes, proposé et réalisé par Fish-Pass. Ces avancées ont été présentées lors du troisième comité (mi-janvier). A la suite de cette réunion, le point sur l'avancement de l'expertise a été présenté à différents acteurs du programme « repeuplement » : le MEDDE (1 personne de la DEB, 1 de la DPMA), ARA France (2), ONEMA (3) et des représentants de l'activité de pêche (5).

La poursuite des analyses de données issues des 28 projets pris individuellement et la rédaction du rapport d'expertise en relation avec le comité d'experts, ont ensuite été menées à bien.

Tout au long de ce rapport, **le terme de transfert est utilisé à la place de « repeuplement »** dans la mesure où les civelles déversées sont issues de pêches effectuées en estuaire, ne sont pas produites artificiellement dans des élevages et sont déplacées/transférées vers différents sites plus ou moins éloignés de leur zone de capture.

2. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES RETOMBEES BIOLOGIQUES DES TRANSFERTS D'ANGUILLES

1. Répartition naturelle

Afin de mieux comprendre les éventuelles modifications induites par le transfert d'individus sur la population d'anguille, il est utile de connaître les caractéristiques de la répartition naturelle des anguilles et les conséquences écologiques de cette répartition.

Les anguilles colonisent naturellement une variété importante de milieux depuis la zone côtière jusqu'en amont des cours d'eau, en passant par les estuaires, les marais, … Elles peuvent notamment coloniser des zones de salinité très variées : eau de mer, eau saumâtre et eau douce. En fonction des individus, les anguilles peuvent demeurer dans l'un ou l'autre de ces compartiments un temps plus ou moins long, voire toute leur phase de croissance, ou faire des allers-retours entre ces zones (Capoccioni *et al.*, 2014; Daverat, 2005; Fablet *et al.*, 2007; ICES, 2009; Thibault *et al.*, 2007). Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de quantifier la proportion du stock issu de chacun de ces compartiments.

La répartition en eau douce, au sein d'un bassin versant, est mieux connue. On considère en général qu'elle est diffusive (Ibbotson *et al.*, 2002; Lambert and Rochard, 2007) depuis la limite de marée dynamique et que, par conséquent, la densité d'anguilles décroit de manière exponentielle depuis cette limite. Certains auteurs ont néanmoins identifié des comportements différents, avec notamment des individus « pionniers » qui cherchent à coloniser l'amont des rivières (Feunteun *et*

al., 2003). Les études menées en France (Jouanin *et al.*, 2012; Lasne *et al.*, 2008; Lasne and Laffaille, 2008, 2008) confirment cette répartition (*Figure 1*) avec des profils différents selon les classes de taille (Lasne and Laffaille, 2008) (*Figure 2*).

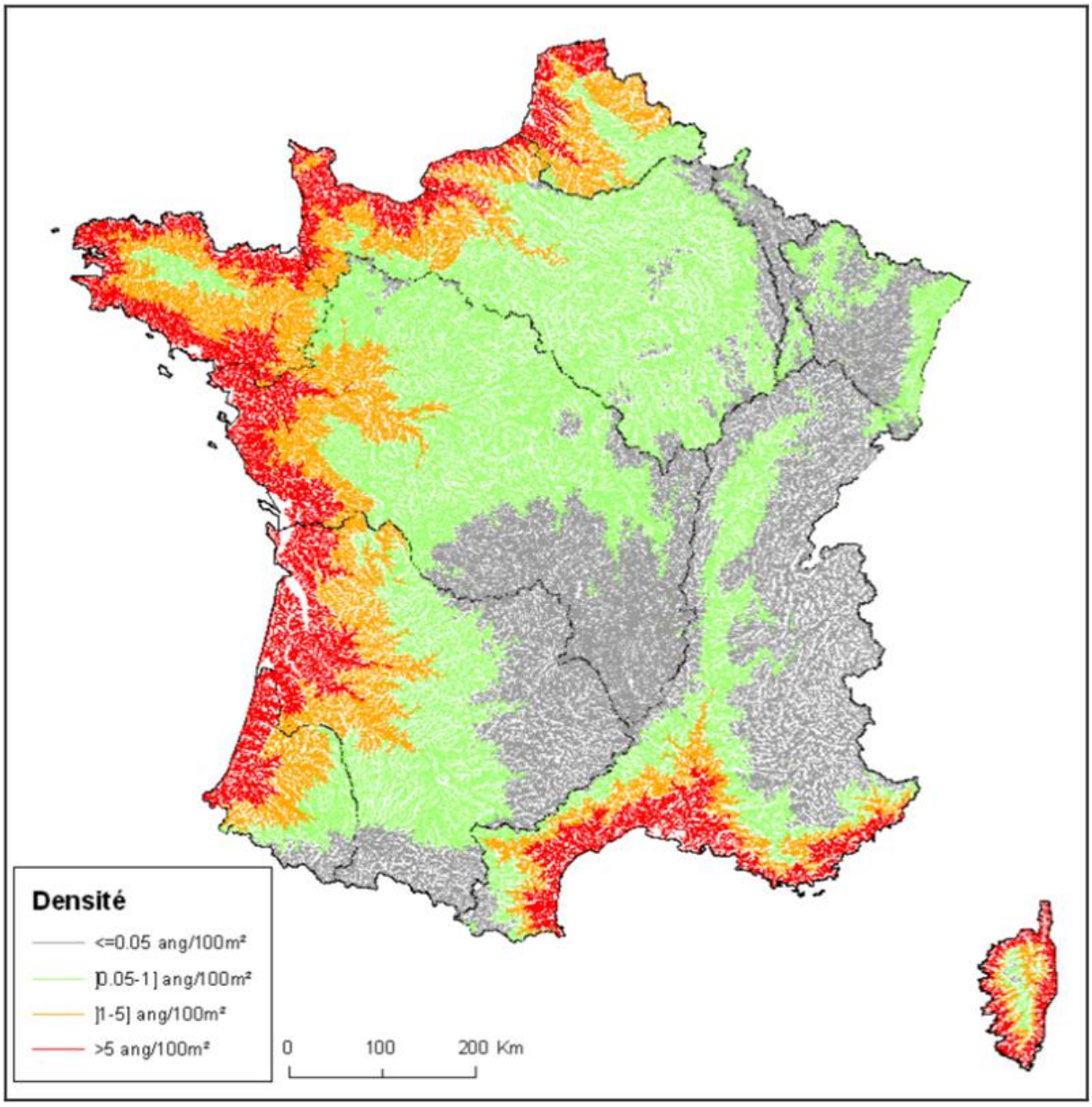

Figure 1 : densité prédite d'anguilles en France estimée à partir de données de pêche électrique (Jouanin et al., 2012) .

Lorsqu'ils sont présents à un niveau donné d'un bassin versant, les petits individus vont se retrouver dans les zones de faibles profondeurs soumises ou proches de courants relativement forts et présentant des abris (substrat, végétation aquatique,…) alors que les grands individus vont préférer les zones profondes à courant moyen à fort avec peu de végétation aquatique, mais une végétation rivulaire importante (Laffaille *et al.*, 2003) (*Figure 3*).

Les conditions environnementales, notamment de température et trophique, n'étant pas identiques en tout point d'un bassin versant, des croissances différentes sont observées. En particulier, la croissance augmente avec la salinité, la profondeur et la température (Daverat *et al.*,

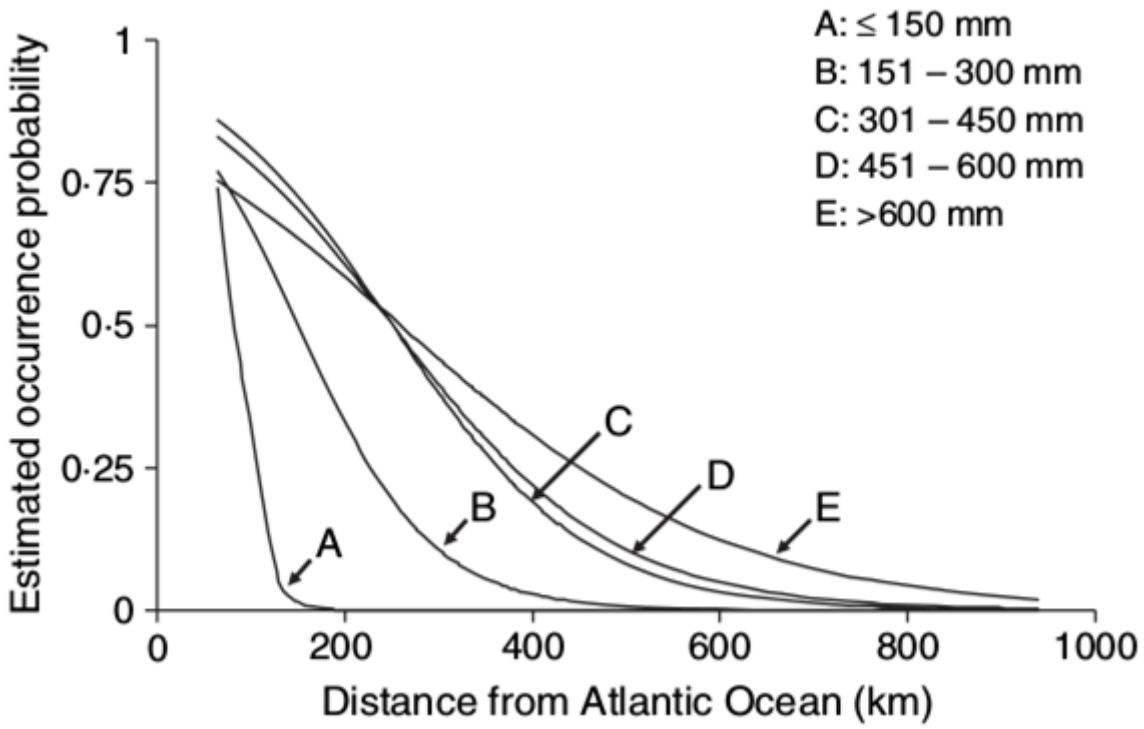

Figure 2 : probabilité de présence de l'anguille par classe de taille dans le bassin de la Loire (Lasne et Laffaille, 2008)

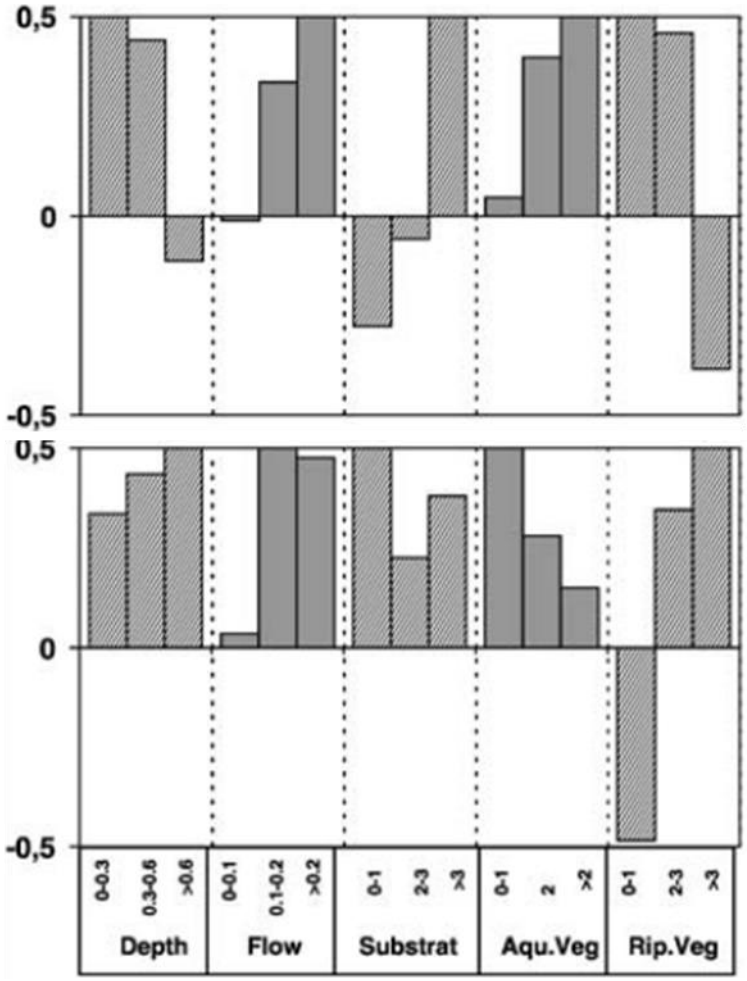

Figure 3 : préférence d'habitat pour les anguilles de moins de 150 mm (haut) et de plus de 450 mm (bas) (Laffaille et al., 2003).

2012). Ceci entraîne des gradients de croissance, à la fois longitudinal (amont-aval) et latitudinal. On observe également que les anguilles s'argentent à une taille plus importante (au moins pour les femelles) et à un âge plus tardif au Nord par rapport au Sud (Vollestad, 1992).

Le sexe de l'anguille n'est pas fixé génétiquement mais déterminé par l'environnement (Davey and Jellyman, 2005). Même si les déterminants exacts restent à trouver, ils semblent reliés à la densité (Davey and Jellyman, 2005; Geffroy, 2012; Roncarati *et al.*, 1997). La détermination pourrait s'effectuer dans les trois premiers mois à partir du stade civelle (Huertas and Cerda, 2006). Ainsi, les équilibres entre mâles et femelles (appelé sex-ratio) peuvent être très différents d'un site à un autre (Gandolfi-Hornyold, 1929) ou évoluer sur un même site (Parsons *et al.*, 1977). Cela se traduit, en particulier sur les grands bassins versants, par des sites dominés par les mâles en aval et par les femelles en amont. La *Figure 4* schématise les différences que l'on peut observer.

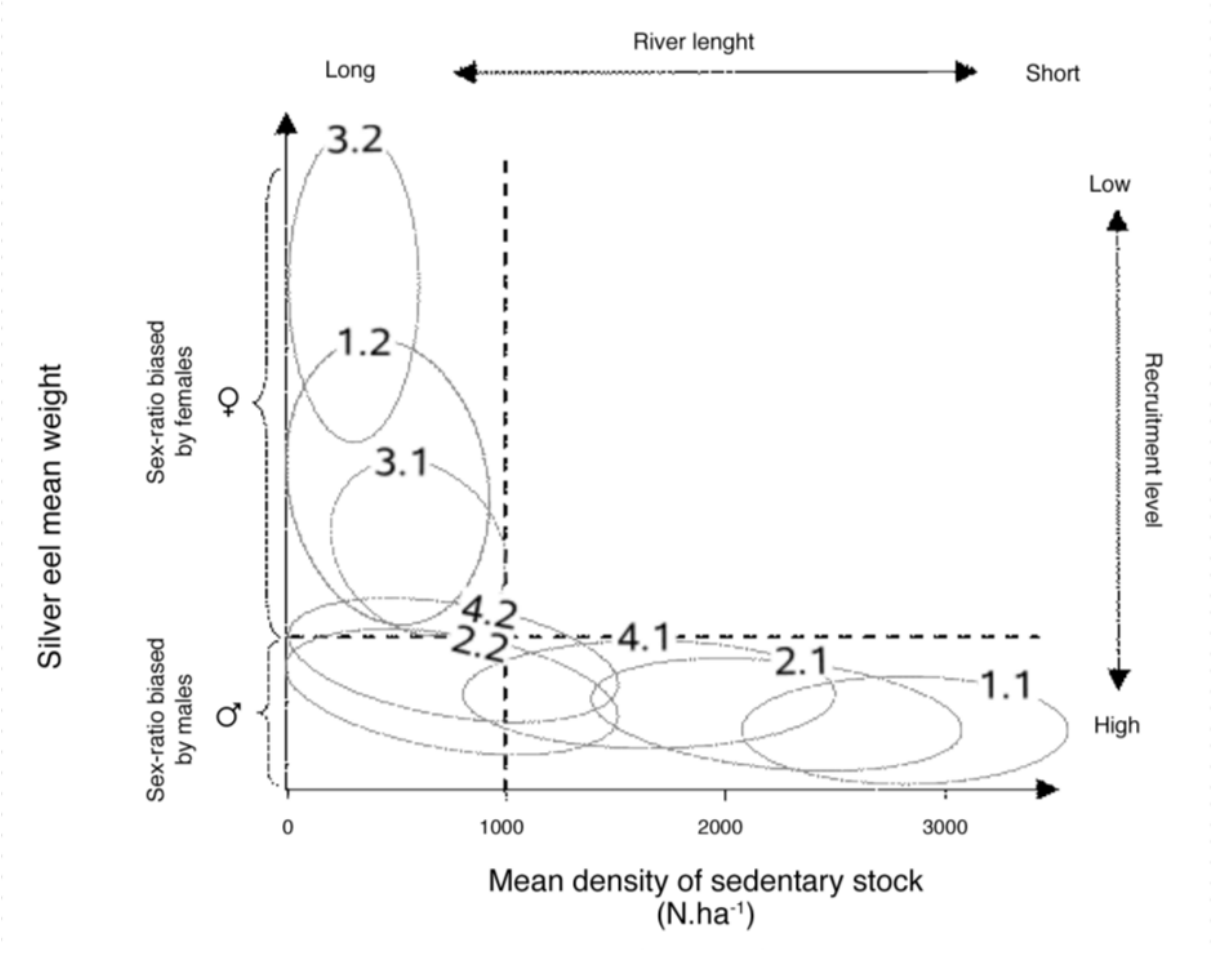

Figure 4 : schéma représentant les sexe-ratio en fonction des conditions environnementales. Chaque cercle représente une rivière et/ou une période temporelle (Robinet et al., 2007).

La présence d'une pêcherie d'anguilles argentées le long de la Loire (*Figure 5*) et le suivi biométrique effectué sur les captures donnent une bonne opportunité d'illustrer les principes généraux concernant la répartition de l'anguille (Bodin *et al.*, 2011; Letourmy, 2011). La *Figure 6* montre que la partie amont ne produit que des femelles alors qu'une proportion importante de mâles est produite sur les parties aval. La *Figure 7* illustre néanmoins la présence de femelles de tailles moins importantes sur les sites les plus aval.

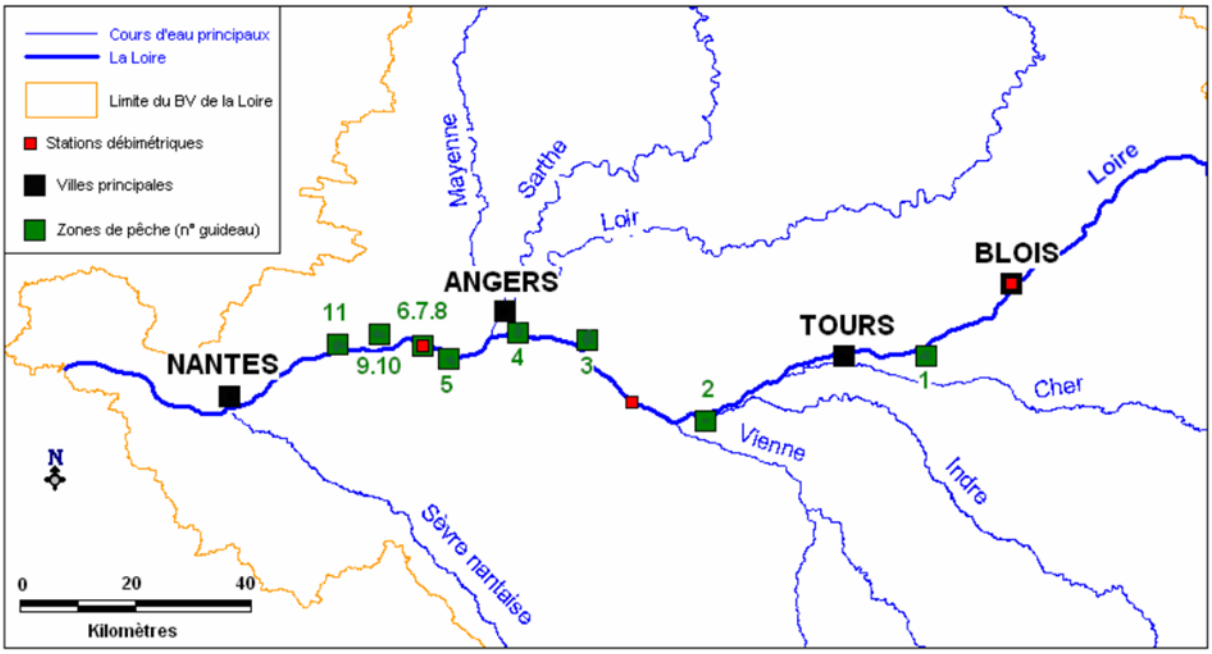

Figure 5 : positionnement des pêcheries d'anguilles argentées sur la Loire (Letourmy, 2011)

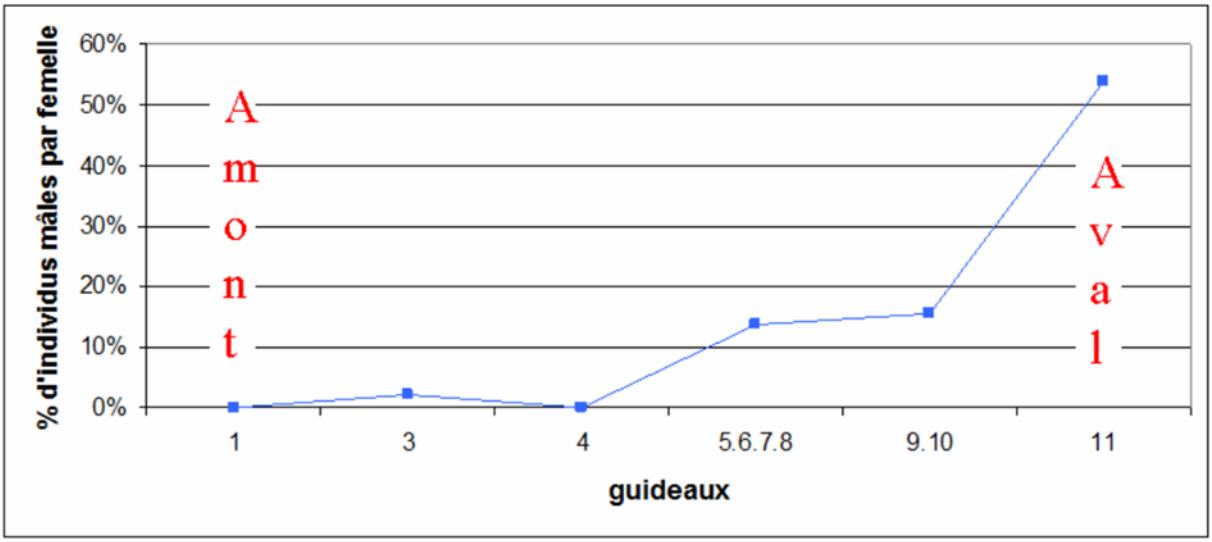

Figure 6 : sex-ratio moyen entre 2007 et 2011 observé sur les différentes pêcheries d'anguilles argentées de la Loire (Letourmy, 2011).

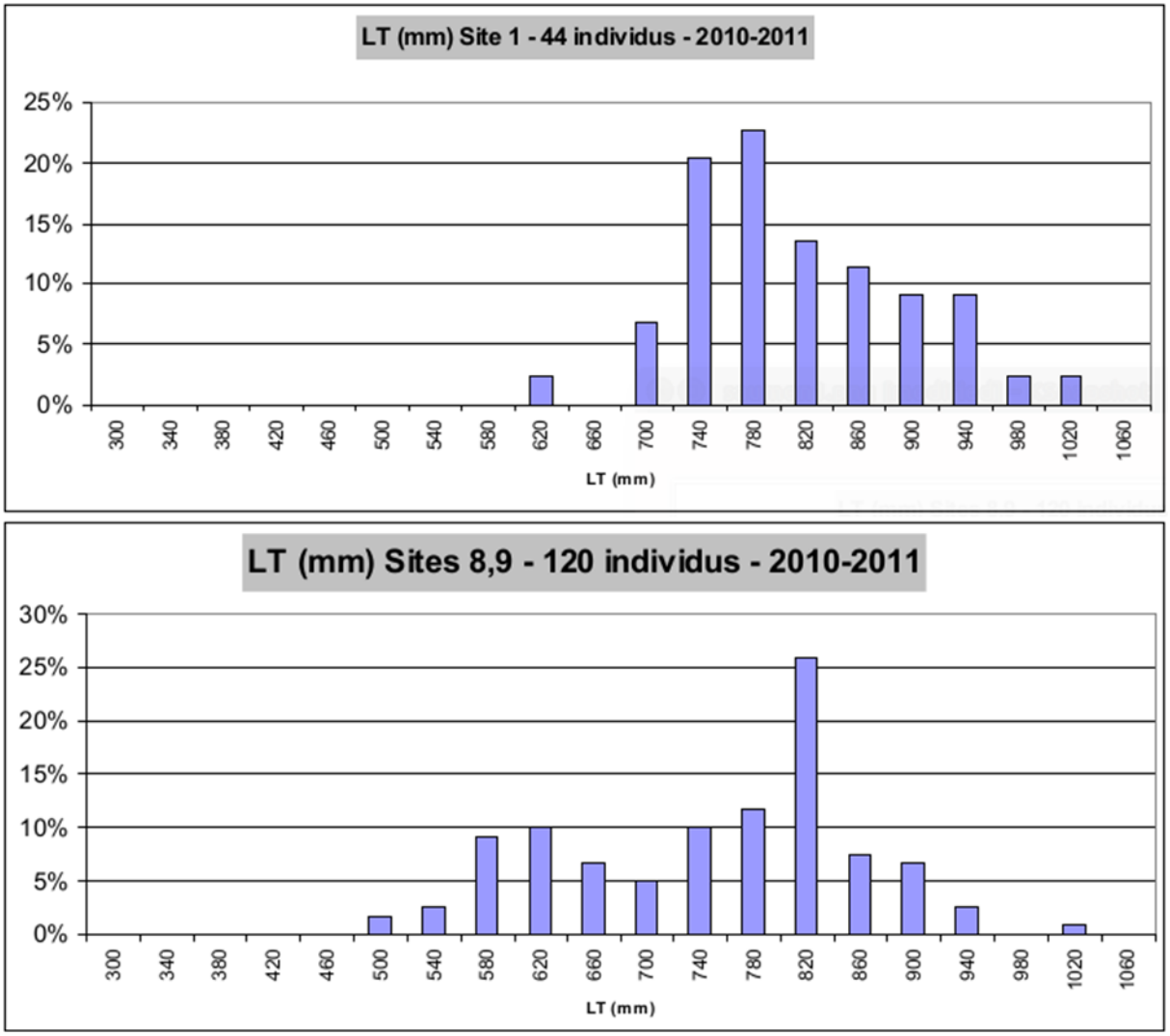

Figure 7 : distribution de la taille des anguilles argentées femelles de la Loire sur un site amont (site 1) et un site aval (sites 8,9) (Bodin et al., 2011)

On remarquera que ce lien entre densité de population et orientation du sex-ratio a permis à l'espèce de s'adapter à sa très forte chute d'abondance (*a minima facteur 100*), chaque bassin versant continuant au final à produire des mâles et des femelles. Devant la disparition de la production des femelles dans les zones amont anciennement colonisées, l'estuaire et les zones aval moins peuplés ont pris le relais, mais avec cependant une forte probabilité de produire des femelles plus jeunes et de plus petits gabarits.

On observera d'autre part que la répartition naturelle de l'anguille est contrainte par diverses pressions d'origine anthropique (prélèvements (pêche, stations de pompage,…), obstacles entravant la migration de colonisation). La *Figure 8* illustre la densité d'obstacles à la migration sur un bassin versant, ici le bassin de la Loire (Steinbach, 2001).

Compte tenu de son mode de vie benthique, de sa longévité et de sa forte propension à accumuler de la matière grasse lors des phases de pré-argenture et d'argenture notamment, l'anguille est particulièrement sensible à différents contaminants. Elle est également sensible à divers pathogènes. La liste des contaminants et des pathogènes recherchés pour l'anguille est assez

Figure 8 : densité d'obstacles sur le bassin de la Loire (Steinbach, 2001)

importante (voir par exemple ceux enregistrés par le WGEEL : Belpaire *et al.*, 2011). Il est difficile d'établir une règle générale de distribution de ces pressions tant les sources de contaminants et l'écologie des pathogènes peuvent différer. À titre d'illustration, nous citerons les PCB (Babut *et al.*, 2013; Mathieu and Babut, 2012) ou *Anguillicoloïdes crassus* (Adam *et al.*, 2008, pp. 182–183; Sauvaget *et al.*, 2003) (*Figure 9*). Les impacts des contaminants et des pathogènes sur l'anguille sont mal connus et peuvent différer d'une pression à l'autre. On peut néanmoins grossièrement distinguer les impacts entraînant une mortalité au stade anguille jaune des impacts qui auront plutôt une influence sur la qualité des géniteurs (caractéristiques biométriques, capacité à rejoindre la mer des Sargasses, efficacité de la reproduction).

EN RESUME :

L'écologie de l'anguille détermine, sous contraintes environnementale et anthropique, les caractéristiques (taille, sexe, âge, état sanitaire, capacité à se reproduire) des argentées produites dans chacun des compartiments colonisés des bassins versants.

La répartition des individus au sein de ces différentes zones et habitats joue bien sûr sur la nature de leur contribution relative au flux global d'argentées qui ressort au final du bassin.

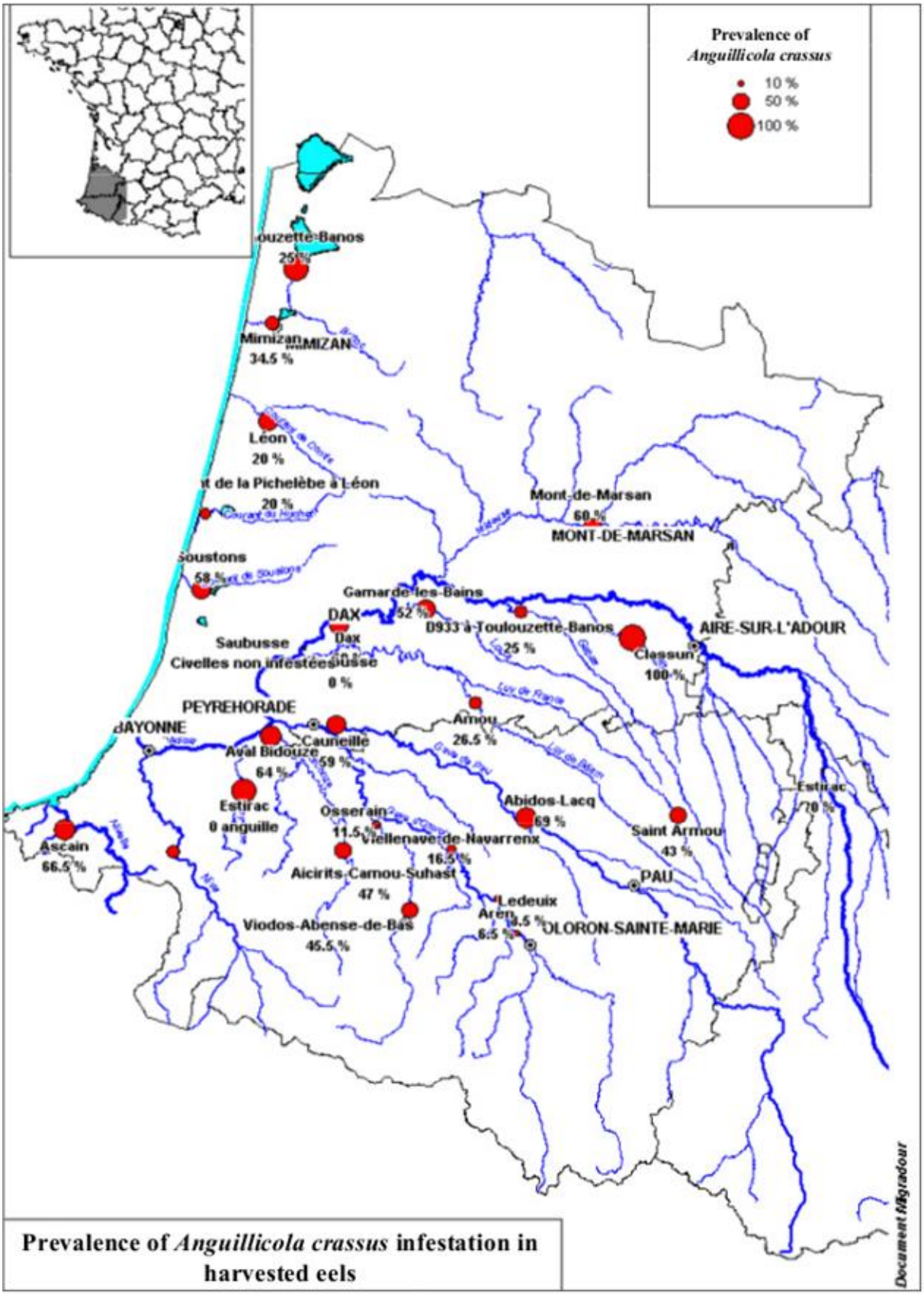

Figure 9 : occurrence d' Anguillicoloïdes crassus sur l'UGA Adour (Bellet et al. 1998 in Adam et al., 2008)

2. Transferts

1. Historique des transferts

Le transfert d'anguilles depuis des zones de fortes abondances vers des zones de faibles abondances a été initié en France au milieu du XIX siècle (Dekker and Beaulaton, submitted). A la fin du XIX siècle, l'État français avait organisé, de manière centralisée, le transfert des anguilles dans toute la France à l'aide des services de l'État pour des quantités pouvant atteindre plusieurs millions de civelles par an (soit environ 1 tonne) (Dekker and Beaulaton, submitted). Ce programme a fortement diminué au tournant du siècle sans qu'on en sache véritablement les raisons (l'anguille était accusée de dévaster les espèces locales, ...).

Les techniques de l'époque se sont répandues à travers l'Europe au cours du XX siècle (Dekker and Beaulaton, submitted) et les transferts ont atteint dans les années 1960 à 1980 des niveaux se situant entre 100 et 150 millions de civelles par an (30 à 50 tonnes) dans toute l'Europe (ICES, 2014).

Les quantités transférées ont ensuite diminué à la fois à cause de la raréfaction des civelles et à cause de l'augmentation des prix. Le règlement européen 1100/2007 a relancé le transfert de civelles et les quantités concernées augmentent de nouveau depuis 2009, pour atteindre en 2013 environ 40 millions de civelles (environ 13 tonnes) (ICES, 2014).

Même si le principe général est d'augmenter la production locale, voire globale, les objectifs des différents transferts effectués dans le temps ont pu être très différents : redistribution du stock d'anguilles, apport d'une nouvelle source de nourriture, soutien d'une pêcherie et plus récemment restauration du stock (Dekker and Beaulaton, submitted).

2. Les effets du transfert

Malgré les quantités importantes d'individus déversés dans les différents pays, les évaluations scientifiques de ces opérations restent rares. Les tentatives de transfert à des fins de conservation visant à augmenter la production et l'échappement de reproducteurs et ultimement le recrutement, sont relativement récentes et ont pris le relais d'opérations à vocation halieutique (soutien de stock exploité dans des plans d'eau ou des portions de fleuve).

Ces transferts sont encore très controversés au sein de la communauté scientifique internationale en raison du grand nombre d'incertitudes qui subsistent. Elles concernent les impacts sur les fractions de populations « donneuses », sur celles déjà présentes dans les milieux récepteurs (croissance, transmission de parasites et maladies, rapport des sexes, etc.) et sur la capacité des anguilles argentées produites à migrer jusqu'à la mer des Sargasses (Stacey *et al.*, 2014).

Il ressort en tous cas clairement que le réel jugement sur le bien-fondé biologique de ces opérations lorsqu'elles visent la restauration de l'espèce consisterait à faire le bilan (niveau de survie, types d'argentées produites) entre le schéma naturel sans intervention sur le devenir des civelles et les schémas avec capture et transfert, ces derniers étant synonymes de mortalités liés à la pêche, au stockage, au transfert,….

Ainsi les différentes sources de mortalité que subissent les anguilles recrutées naturellement et les anguilles transférées depuis leur arrivée dans l'estuaire en tant que civelle et jusqu'à leur départ en tant qu'anguille argentée doivent être prises en compte (Frotté *et al.*, 2012). À cela s'ajoute la qualité des anguilles argentées produites afin de déterminer la contribution relative de chaque fraction au stock de géniteurs (*Figure 10*). Cette vision d'ensemble nécessite des connaissances à la fois sur le bassin « donneur » et sur le bassin « receveur » qui sont difficiles à acquérir. À noter que le WGEEL (ICES, 2011) a tenté ce genre d'approche par modélisation à l'échelle de l'aire de distribution de l'anguille.

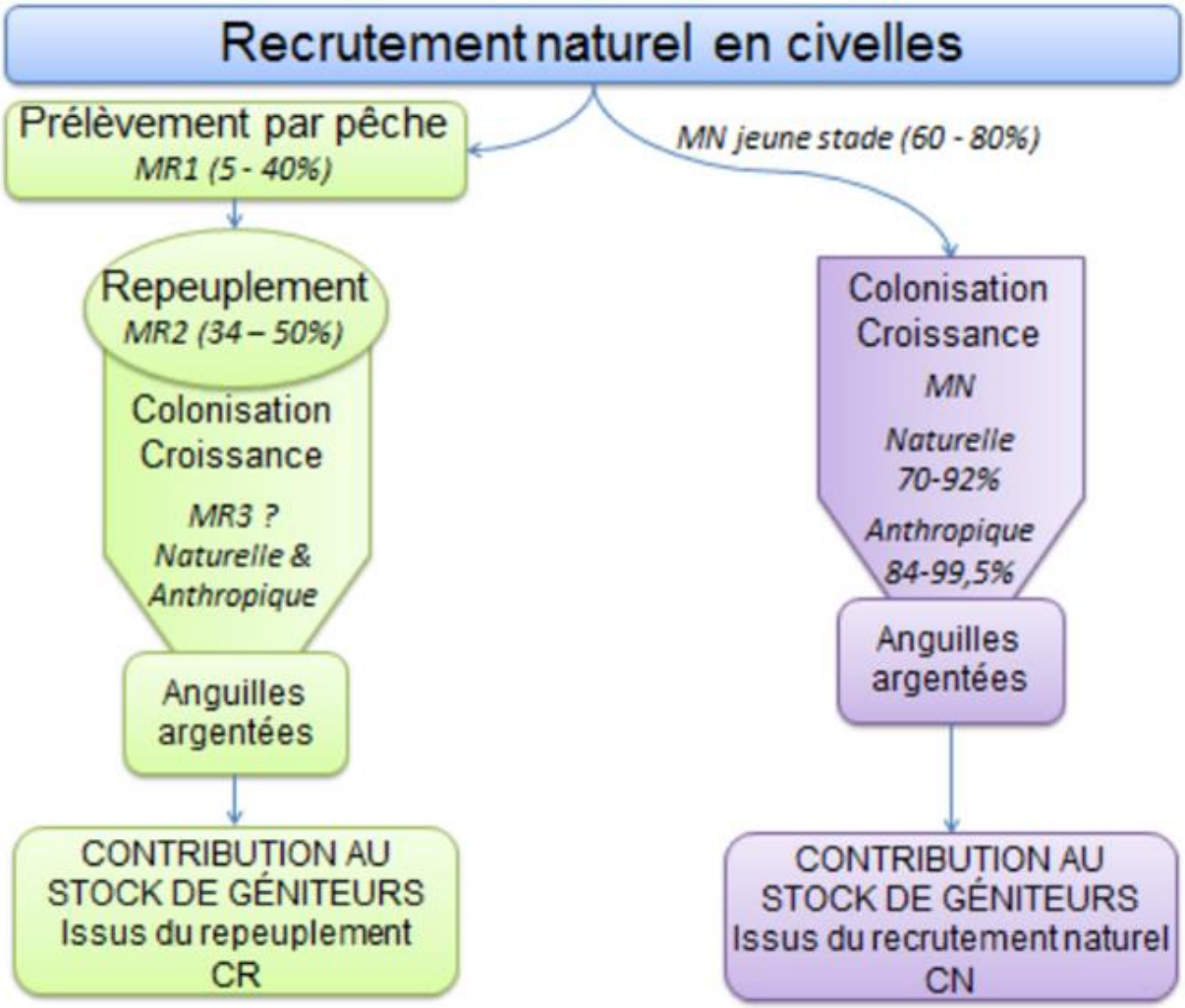

Figure 10 : schéma conceptuel des différentes étapes pour évaluer l'intérêt de l'alevinage où MR = Mortalité due aux blessures par les engins de pêche + Mortalité liée à la stabulation + Mortalité liée au marquage + Mortalité liée à l'opération d'alevinage, MN = Mortalité des anguilles « naturelles », où CR = Contribution des anguilles issues du Repeuplement et CN = Contribution des anguilles « Naturelles ». (Frotté et al., 2012)

Des revues bibliographiques des différentes expérimentations existent (Frotté *et al.*, 2012; ICES, 2012; Pawson, 2012), nous nous contenterons ici d'en souligner les principaux points.

Des travaux de transfert d'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) ont été réalisés dernièrement au Québec et en Ontario (2005 à 2010) afin de suppléer à la chute drastique du recrutement naturel. Des évaluations scientifiques sont réalisées annuellement depuis 2005 afin de mesurer l'effet de ce programme (COSEPAC, 2012; Pratt and Threader, 2011; Verreault *et al.*, 2009). Près de 7 millions de

civelles ont été introduites dans les habitats de croissance en amont de l'énorme bassin versant du Saint-Laurent. Le marquage de masse réalisé sur la totalité des spécimens permet d'assurer un suivi tant dans les habitats « receveurs » que dans l'estuaire du Saint-Laurent lors de la dévalaison des anguilles argentées (Couillard *et al.*, 2014; Stacey *et al.*, 2014; Verreault *et al.*, 2010).

Malgré un encadrement sanitaire rigoureux (Threader *et al.*, 2011), le transfert fut stoppé en 2010 par crainte d'introduire le parasite *A. crassus* et parce que les anguilles argentées produites par ce programme ne correspondaient pas au phénotype produit naturellement (100% des femelles argentées issues du transfert < 80 cm ; *Figure 11*). Le suivi est cependant maintenu, autant dans les habitats de croissance que dans l'estuaire, afin de poursuivre l'évaluation globale du transfert.

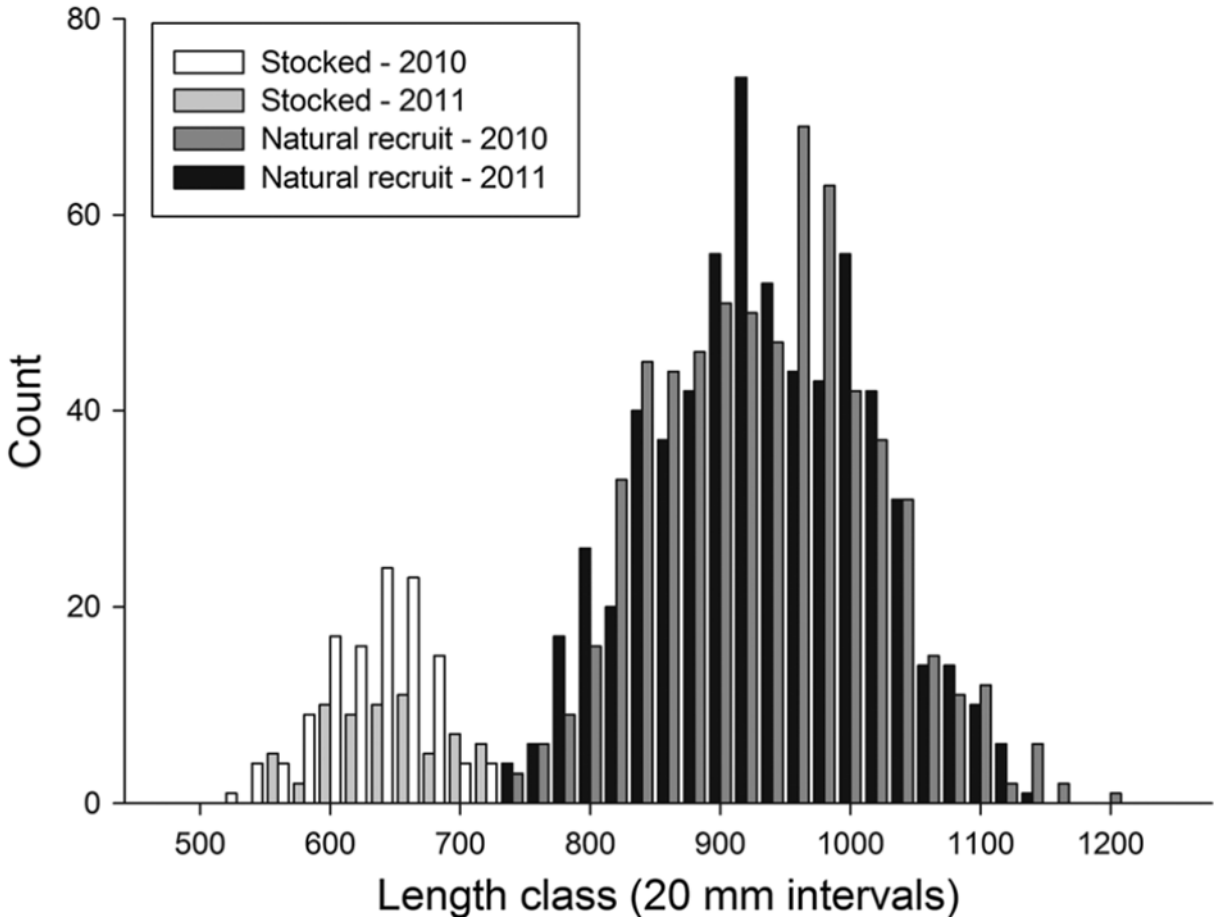

Figure 11 : distribution en taille des anguilles argentées « naturelles » et issues du transfert dans l'estuaire du St Laurent, Canada (Stacey et al., 2014)

Comme décrit ci-dessus (historique) les opérations de transferts d'anguilles (tout stade, taille et âge confondu) ont été nombreux du côté européen depuis plus d'un siècle et demi. Les travaux visant à une évaluation de ces opérations sont néanmoins plus rares.

On notera des travaux menés sur le long terme (> 10 ans) visant à évaluer la production en anguilles argentées en Irlande du Nord (Parsons *et al.*, 1977,

Figure 12) et en Suède (Holmgren *et al.*, 1997, *Figure 13* ; Wickström *et al.*, 1996). Ils montrent l'influence que peuvent avoir les transferts sur le sex-ratio (proportion accrue de mâles) et la dynamique d'argenture. Ils estiment également le taux de recapture des anguilles à 11 % dans un lac et 1.7 % dans l'autre lac (Suède, Wickström *et al.*, 1996).

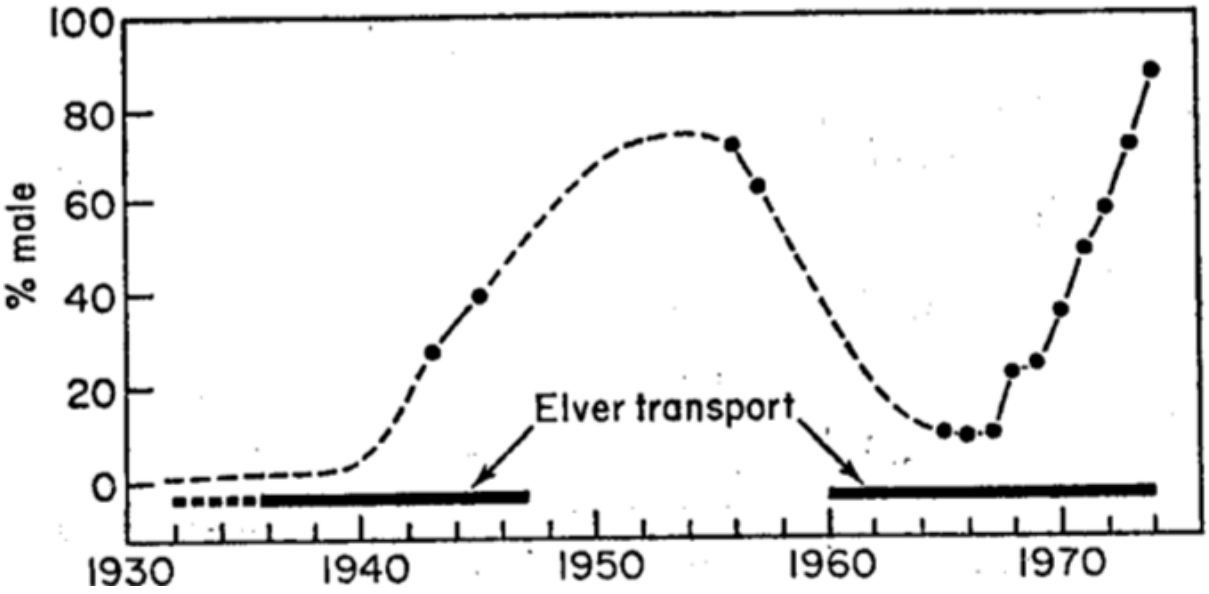

Figure 12 : proportion de mâles dans les captures d'anguilles argentées dans le Lough Neagh en relation avec les périodes de transfert (Parsons et al., 1977)

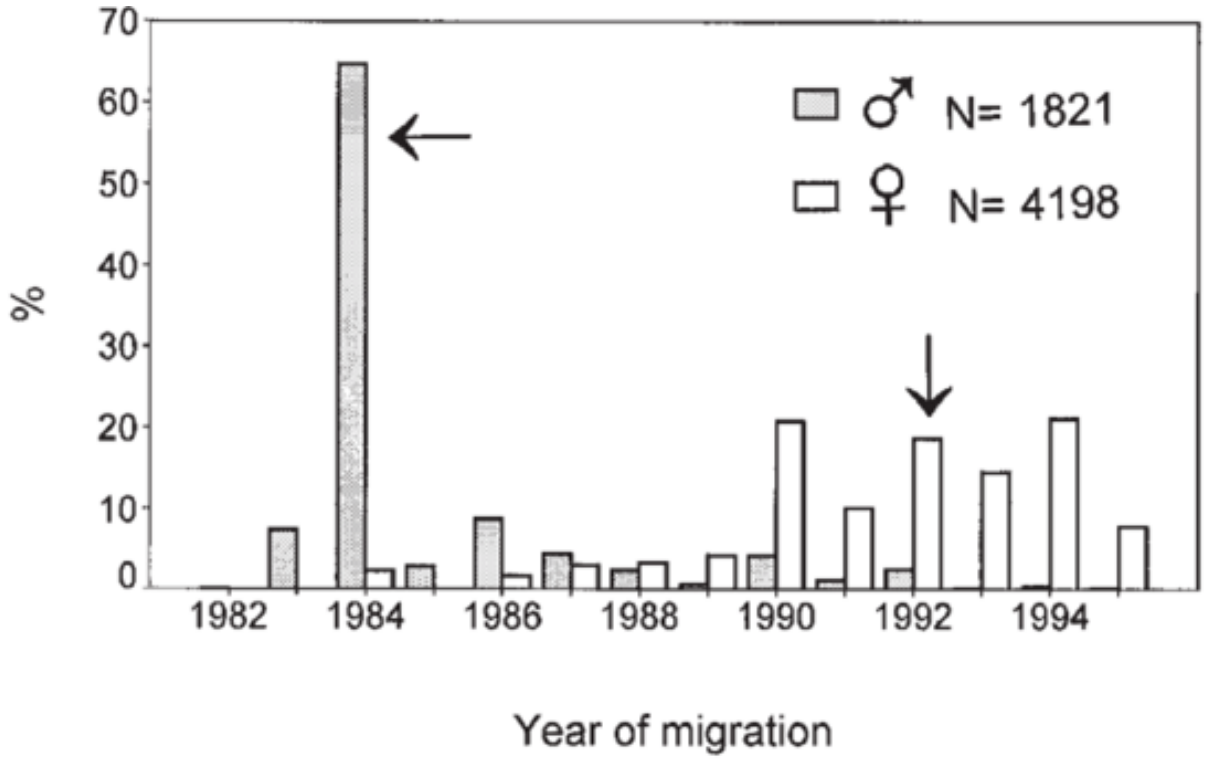

***Figure 13** : répartition par sexe des captures d'anguilles argentées à la sortie du lac Fardume träsk (Suède) (Holmgren et al., 1997)*

Dans le cas particulier de la Baltique, compte tenu du temps passé par les recrues naturelles pour atteindre l'eau douce, l'analyse des otolithes des argentées dans ou quittant la mer baltique, peut permettre d'évaluer la contribution relative des transferts aux argentées de cette zone. Ainsi à partir de 86 échantillons en sortie de la Baltique, Limburg *et al.* (2003) estiment que 27 % des anguilles argentées sont issues de transferts. Pour la Lithuanie, Shiao *et al.* (2006) estiment que sur les 108 individus examinés, 19 % proviennent de transferts, ce taux variant considérablement d'un site à l'autre.

Certaines expérimentations ont comparé, à différents stades, les « performances » relatives des anguilles issues de déversements entre elles ou avec des anguilles recrutées naturellement. Par exemple, Pedersen (2000) montre que la survie des anguilles transférées à 19 g à partir de stock « sauvage » est plus importante que celle des anguilles issues d'aquaculture (39 g) (55-75 % contre 42-57%) et que leur croissance pondérale est plus importante (x 10-14 contre x 3-4). Simon et Dörner (2013) montrent que les civelles (0.27 g) transférées récupèrent leur différence de taille après seulement 3 à 5 ans face à leur homologue issue de l'aquaculture (6.6 g) et que leur survie peut être meilleure (5-45 % contre 8-17 %). Enfin Bisgaard et Pedersen (1991) montre qu'un an après le marquage, les anguilles recrutées naturellement (34 cm) sont recapturées à un taux plus important (34 % contre 8 %) que les anguilles issues d'aquaculture (20 cm) et que la survie pour des tailles comparables (< 32m) est plus importante pour les « naturelles » (97 % contre 40%).

EN RESUME :

Historique :

Les transferts d'anguilles existent depuis le milieu du XIX siècle, avec des objectifs variés, notamment le soutien d'activités de pêche dans des zones faiblement colonisées (têtes de bassin, Europe de l'Est,…). Ils ont concerné jusqu'à 30 à 50 tonnes par an dans les années 1960 à 1980 à l'échelle européenne.

Effet :

Les évaluations scientifiques de leurs retombées biologiques dans un cadre de restauration de l'espèce restent rares et sont, en partie contradictoires. Elles montrent que les transferts peuvent contribuer de manière significative à la production d'argentées dans des zones à faible recrutement naturel (Baltique). Elles montrent aussi qu'ils peuvent changer le sex-ratio local et conduire à des « performances » (croissance, survie) inférieures par rapport aux anguilles naturelles.

3. Les principaux risques sanitaires liés aux transferts

Deux principaux risques sanitaires sont à même d'affecter l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : le Rhabdovirus européen de l'anguille ou virus EVEX, et le nématode *A.crassus*, parasitant la vessie gazeuse.

a. Le virus EVEX

Les données publiées sur la répartition de l'EVEX en France se résument à très peu de choses : un document écrit conjointement par J.C. Raymond du CNPMEM et de J. Castric de l'ANSES de Brest de

mars 2011, faisant état de : « la plupart des lots de civelles contrôlés depuis cette date (1977), et ce, quelle que soit leur origine sur les côtes atlantiques essentiellement mais aussi méditerranéennes, ont été trouvés porteurs de ce virus EVEX » outre le fait que le virus a été mis en évidence en Europe et au-delà (Royaume Uni, Hollande, Italie, Allemagne, Danemark, Suède).

Des détections positives ont été faites sur des civelles de la Loire entre 1980 et 1987 par J. Castric et en 2004 par P. Girard.

La mise en évidence de ce virus sur des anguilles adultes argentées a été faite sur le bassin méditerranéen dans la lagune de Salses Leucates en 2008 sur 2 sujets (E. Amilhat et J. Castric). Les données restent donc anecdotiques en terme d'évaluation de la prévalence de ce virus, quelques résultats éparses et irréguliers dans le temps ne permettent pas de prétendre avoir une vision de la répartition du virus depuis les estuaires et jusqu'aux points les plus amonts de déversement.

L'action de translocation d'alevins qui seraient porteurs du virus reste une façon de faire progresser le virus vers l'amont des cours d'eau mais, en l'absence de connaissances sur la capacité de survie du virus chez ces individus, de multiplication et de transmission, rien n'est prouvé sur l'aggravation possible de la contamination effective des anguilles par cette action par rapport aux risques naturels lors de la migration anadrome.

Cliniquement, il est reconnu à travers les cas recensés positifs tant en France qu'à l'étranger sur *Anguilla anguilla*, que le virus n'est qu'exceptionnellement associé à des lésions chez des individus non stressés (J. Castric et J.C. Raymond ; Wolf, 1988).

Des études sur des géniteurs porteurs du virus et mis en épreuve de stress comme un parcours artificiel en tunnel, montrent une mortalité au bout d'une distance inférieure à la distance parcourue par les témoins sains (Van Ginneken *et al.*, 2005).

Seuls les élevages intensifs d'anguilles ont pu signaler des morbidités engendrées par le virus, mais dans ces élevages, un autre virus semble plus à craindre : un alloherpes virus de l'anguille (Ang HV1) qui sévit en eau plutôt chaude (25-26°C), il est reconnu comme un agent pathogène principal (fréquence et impact clinique) aux Pays Bas ainsi qu'en Allemagne (Haenen *et al.*, 2012).

Ce virus est certainement plus à craindre en termes d'impact clinique que l'EVEX, mais sa répartition étant encore inconnue, il est impossible de savoir comment gérer d'éventuels résultats virologiques positifs dans le contexte d'une translocation.

La France ne peut donc annoncer à ce jour l'existence de zones indemnes de virus EVEX et donc prétendre à les protéger.

Par ailleurs, l'anguille peut être porteuse de virus affectant les salmonidés, tels que les deux Rhabdovirus SHV et NHI et le Birnavirus NPI. Les deux Rhabdovirus, contrairement à NPI, sont considérés comme des dangers sanitaires de 1ère catégorie, listés en annexe IV de la Directive 2006/88/CE du conseil du 24 octobre 2006.

b. Le parasite Anguillicoloïdes crassus

A. crassus a été introduit en Europe vers les années 1980 avec l'importation d'anguilles japonaises. Depuis, le parasite s'est répandu en Europe au gré des échanges commerciaux.

L'anguillicolose due à *A. crassus* a été mise en évidence par la plupart des professionnels de la pêche et du suivi des populations aquatiques en France dans les bassins versants tant atlantiques que méditerranéens (Blanc, 1994).

Cette maladie n'est plus à discuter en tant que fléau pour l'avenir des anguilles. Ce sont surtout les reproducteurs qui lui payent le plus lourd tribut, au moment de leur migration transatlantique vers la mer des Sargasses, le parasite induisant des baisses de performances et de longévité à l'origine de mortalités avérées (EELREP, 2005). De plus, la survie des larves L2 en eau de mer (bien que de moindre durée qu'en eau douce), permet le bouclage du cycle d'*A. crassus*.

C'est pourquoi, il reste incontestable de tenter par tous les moyens de réduire l'impact de ce parasite, et en ce sens, les transferts peuvent avoir malgré tout un rôle non négligeable. En effet, certains sites de déversement peuvent être moins infestés que d'autres et l'introduction de civelles porteuses de larves L3 ou L4, va enrichir ou contaminer le site.

Ultérieurement, le parasite possède toutes les stratégies nécessaires à son implantation par la capacité de ses larves à survivre dans des environnements variés de pH, salinité, température et dureté, la diversité des hôtes intermédiaires copépodes ou ostracodes hébergeant les larves L2, l'existence de plusieurs espèces jouant le rôle d'hôtes intermédiaires paraténiques.

Certes, si la prévalence augmente localement à partir de l'introduction du parasite dans une zone indemne, elle aboutit néanmoins à un niveau moyen d'infestation stabilisé, qui semble réduire le périmètre d'extension autour du foyer (Ashworth and Blanc, 1997).

EN RESUME

Les transferts de civelles peuvent engendrer des risques sanitaires sur les populations d'anguilles européennes en place, en transférant notamment le virus EVEX ou le parasite *A. crassus*.

Ces derniers peuvent en effet affecter la survie des anguilles dans certaines conditions mais semblent plus à même de diminuer les performances migratoires des anguilles, influençant la capacité de ces anguilles à atteindre leur zone de reproduction et impactant alors le recrutement de la population.

Il est également à noter que ces transferts peuvent véhiculer des virus affectant d'autres espèces, tels que des salmonidés.

3. TRANSFERTS ET PLAN DE GESTION DE L'ANGUILLE

1. Rappel du cadre réglementaire général

Règlement (CE) n° 1100/2007 du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes (Conseil de l'Union Européenne, 2007)

« Le dernier avis du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) relatif à l'anguille européenne indique que le stock ne se situe plus dans les limites biologiques raisonnables et que la

pêche actuellement pratiquée n'est plus durable. Le CIEM recommande l'élaboration urgente d'un programme de reconstitution pour l'ensemble du stock d'anguilles européennes et préconise en outre que l'exploitation, ainsi que les autres activités humaines influant sur la pêche ou le stock d'anguilles européennes, soient réduites autant que possible. »

Article 2 :

« 3. Les Etats membres élaborent un plan de gestion de l'anguille pour chaque bassin hydrographique […] »

« 4. L'objectif de chaque plan de gestion est de réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence humaine. Le plan de gestion des anguilles est établi dans le but de réaliser cet objectif à long terme. »

Article 7 :

« 1. Si un état membre autorise la pêche d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm […] il affecte au moins 60% de toutes les anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm pêchées dans ses eaux chaque année destinées à la commercialisation en vue de servir au repeuplement dans les bassins hydrographiques de l'anguille […] aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées. »

« 2. Le pourcentage de 60 % destiné au repeuplement doit être fixé dans un plan de gestion de l'anguille […]. Ce pourcentage sera fixé à au moins 35 % au cours de la première année d'application d'un plan de gestion de l'anguille et il augmentera progressivement par tranches annuelles de 5% au moins. Le niveau de 60 % est atteint, au plus tard, le 31 juillet 2013. »

Plan de gestion anguille en France (PGA) du 3 février 2010 (Ministère de l'Ecologie, 2010)

« Dans le cadre de la mise en place du plan de gestion de l'anguille européenne, [la France a choisi de maintenir la pêche civellière et] se fixe pour objectif en première approche de réserver 5 à 10 % des civelles pêchées annuellement à des opérations de repeuplement sur les bassins français ».

« Le repeuplement devra s'effectuer dans des conditions qui permettent à la fois une survie maximale des individus relâchés, le contrôle des opérations et la traçabilité des lots d'anguilles de moins de 12 cm. Le repeuplement doit permettre la production de géniteurs de qualité ayant un sex-ratio non biaisé en faveur des mâles. »

« Les opérateurs responsables de l'opération devront mettre en place un suivi de ces opérations dont le protocole sera défini en collaboration avec les scientifiques. En effet, la réussite et l'efficacité du repeuplement doivent pouvoir être mesurées de façon à quantifier la contribution des opérations à la restauration des stocks.

Chaque bassin pourra définir un secteur expérimental où le suivi du repeuplement sera plus particulièrement ciblé pour pouvoir estimer à terme l'efficacité de ce type de mesure de gestion par

rapport à une colonisation naturelle du milieu par les jeunes anguilles de montaison. Cela permettra de constituer un référentiel sur ces pratiques»

« l'objectif du programme de repeuplement national est de pouvoir utiliser, de manière expérimentale dans un premier temps, 5 à 10% des civelles pêchées dans les estuaires français pour faire du repeuplement dans les bassins versants correspondants. Cet objectif ne correspond pas à un besoin qui aurait été quantifié pour permettre d'atteindre la cible en échappement, il a été dimensionné par rapport à des facteurs plus pragmatiques tels que les financements possibles pour inciter des opérateurs à investir dans ces opérations.

L'évaluation des opérations se fera a posteriori, comme décrit dans le paragraphe précédent. Si les résultats sont positifs, alors les objectifs pourront être revus à la hausse dans le prochain plan de gestion. »

EN RESUME

Afin d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées, la France doit affecter, chaque année, au moins 60% de toutes les anguilles de moins de 12 cm capturées par la pêcherie, à des actions de transfert.

Le PGA français stipule que 5 à 10 % des civelles du quota repeuplement devront être déversées sur le territoire. De plus, des mesures de suivi sont mises en place sur 3 ans afin de préciser la contribution des opérations à la restauration des stocks, sans pour autant pouvoir accéder à un bilan global de ces opérations (durée courte par rapport au cycle biologique, problèmes méthodologiques importants identifiés tant au niveau national qu'au niveau du Working Group on Eel).

2. Les étapes du transfert de civelles

Les transferts de civelles effectués dans le cadre du PGA interviennent en plusieurs étapes (*Figure 14* En premier lieu, un appel à projets est diffusé par le ministère et l'ONEMA en fin d'année (septembre à début novembre), détaillant le contexte et les objectifs des transferts et précisant les protocoles à suivre concernant le choix des sites, les opérations de déversement et les protocoles de suivis. En parallèle, les COGEPOMI proposent une liste de sites favorables au déversement dans les différentes UGA (Unité de Gestion Anguille). Les porteurs de projets doivent répondre à cet appel à projets en décembre afin que ces projets soient étudiés par un comité de sélection regroupant le ministère, la DREAL et l'ONEMA. Cette sélection de projets peut faire l'objet d'allers et retours entre le comité de sélection et les porteurs de projets afin d'optimiser les protocoles en relation avec l'appel à projets.

Une fois les projets acceptés, il s'ensuit la pêche des civelles destinées au repeuplement. Ces civelles sont ensuite stockées et différentes analyses (sanitaire, biométrie,…) sont effectuées. Si les analyses sanitaires se révèlent négatives, ces civelles sont déversées sur les différents sites sélectionnés et quelques civelles font l'objet d'un test de mortalité sur court terme. Enfin, 6, 12 et 36

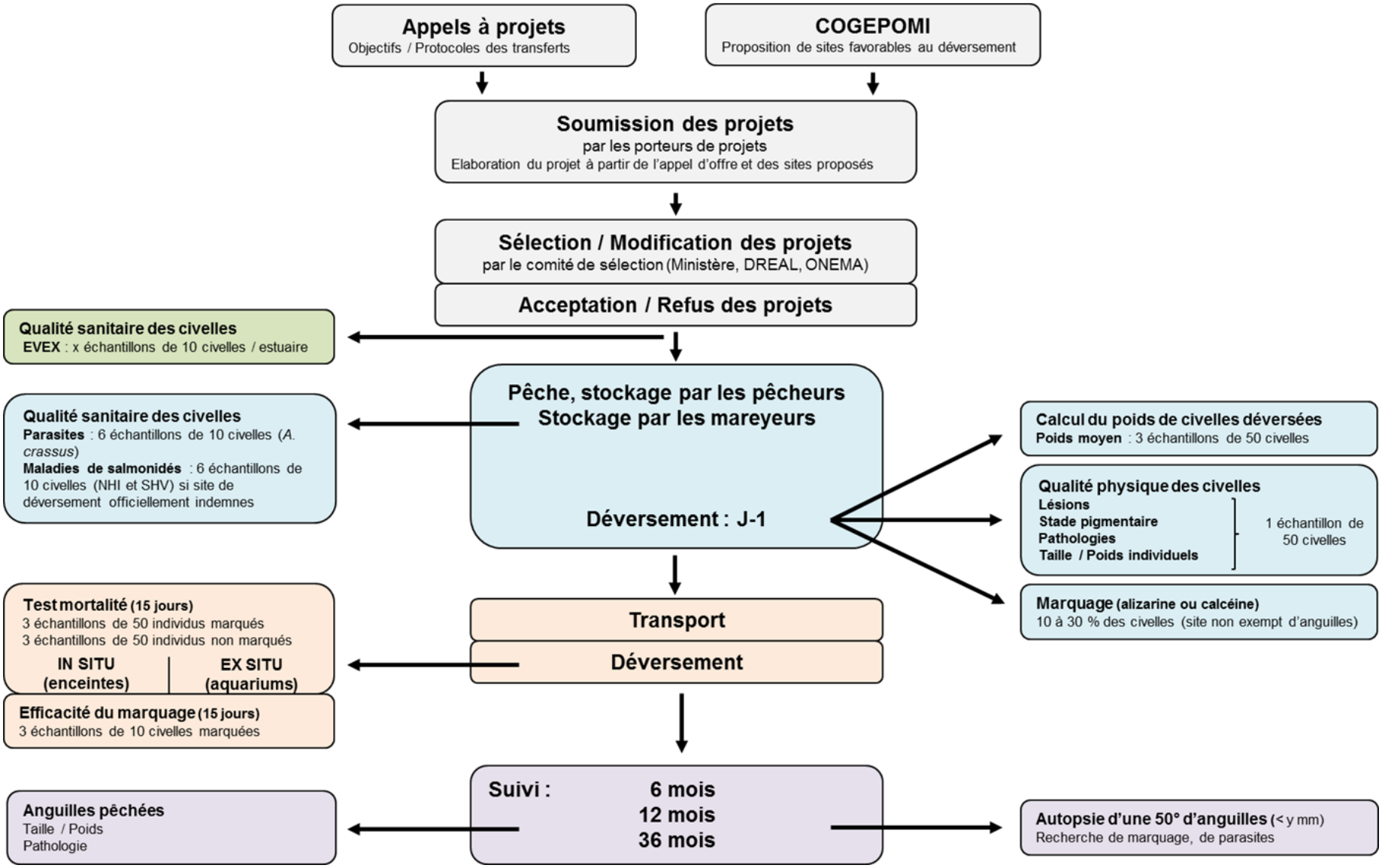

Figure 14 : schéma récapitulatif des différentes étapes des transferts, définies dans les appels à projet du PGA. Le nombre d'échantillons testés pour la détection d'EVEX (x) et les tailles des individus autopsiés (y) ont évolué au cours des appels à projets (voir détails dans le texte).

mois après le déversement, des pêches de contrôle, sur et autour des sites de déversement, sont mises en place pour suivre ces civelles déversées.

1. Le choix des sites de déversement

En premier lieu, le PGA français préconise que la pêche et le déversement des civelles soient réalisés dans le même UGA. Il spécifie également que les sites de relâcher doivent correspondre à des secteurs « où les gains biologiques pour l'espèce sont les plus élevés, en absence de contraintes ou de risques rédhibitoires pour la survie des anguilles déversées ». Ainsi des critères ont été établis afin d'orienter les transferts vers les sites les plus propices à leur succès (les sites présentant la note la plus faible, *Figure 15*). Les transferts entre les façades Atlantique-Manche et Méditerranée sont exclus. De même, les secteurs faisant l'objet de suivis piscicoles sont écartés des repeuplements. Les autres critères regroupent l'historique de transferts, la qualité de l'eau, la présence et composition de stocks d'anguilles indigènes faisant l'objet d'un suivi, la présence d'obstacles à la montaison, de barrages hydro-électriques à l'aval, d'obstacles à la dévalaison, de pêcherie d'anguilles, d'une salmoniculture.

Dans l'appel à projets 2010, cette grille de sélection a été reprise afin d'identifier 6 critères de choix des sites (géographique, anthropiques, temporels, de potentiel de reproduction des sites, de leur état sanitaire et de leur adéquation avec les opportunités de suivi). Une grille de sélection simplifiée a, par la suite, été éditée pour les projets de 2012 et 2013, ne regroupant plus que 3 critères : un critère de croissance, un critère de densité et un critère de mortalité rassemblant trois catégories (pollution, obstacles à la dévalaison, pêcheries)(*Figure 16*). A l'inverse de la grille du PGA, le site cumulant le plus de points est considéré comme étant le plus favorable au transfert.

A partir de ces critères, chaque Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) doit mettre en évidence les sites favorables aux transferts de civelles, permettant aux porteurs de projets de sélectionner leur(s) site(s) de déversement parmi une liste. Le choix du site est déterminant pour établir la quantité de civelles déversées. En effet, le type de milieu, la surface disponible et la présence d'une colonisation naturelle de l'anguille conditionne la quantité de civelles pouvant être déversées sur le site. Des densités maximales ont été établies dans les appels à projets.

En 2011, il était recommandé « une densité de 1 à 5 civelles par m linéaire de berge » en rivière comme en plan d'eau, avec une précision supplémentaire pour les plans d'eau : « [seules] les surfaces présentant des hauteurs d'eau < 8 m [sont considérées et] un facteur de 0.1 à 0.01 selon la densité en abri » doit être appliqué aux valeurs de densités choisies pour la berge. A partir de 2012, ces critères ont été simplifiés, faisant l'objet d'une nouvelle grille (*Figure 17*) et spécifiant la quantité déversée en milieu ouvert ou fermé selon 1. la densité d'anguilles déjà présentes sur le site de déversement et 2. l'historique de transfert du site.

Enfin, la présence d'une colonisation naturelle de l'anguille sur le site de déversement conditionne la mise en place d'un marquage au colorant vital d'une partie des civelles déversées, nécessaire pour le suivi des individus, mais engendrant un coût supplémentaire au projet.

CRITERES		NOTATION
Présence de secteurs « de référence » faisant l'objet de suivis piscicoles **Ces secteurs ne doivent pas être concernés par des opérations de repeuplement.**	Bassins ou secteurs classés au titre de : * continuité écologique » * « libre circulation de l'Anguille » * « site de référence écologique » * « réservoir biologique »	
Qualité d'eau et des habitats (sur références DCEE ou SEQ-eau, suivant disponibilité)	* Très bonne - Bonne = 0 * Moyenne = 2 * Médiocre = 4	
Présence et composition de stocks d'Anguilles indigènes (naturels) faisant l'objet d'un suivi	* Si uniquement individus > 300 mm = 0 * Si présence d'individus < 300 mm = 2 * Absence ou accessibilité nulle = 5	
Obstacles à la montaison	* Absence = 0 * Distance > 30 km = 2 * Distance < 30 km = 3	
Barrages hydro-électriques à l'aval de la zone	* Pas de barrage = 0 * Barrage équipé ou géré = 2 **(#)** * Barrage ni équipé ni géré = 5	
Obstacles à la dévalaison	* Exutoire efficace, toujours actif = 0 * Exutoire efficace, actif saisonnièrement = 2 **(#)**	
Pêcherie d'Anguille	* Pas de pêche = 0 * Pêche amateur * sur jaune = 2 * sur argentée à l'aval = 5 * Pêche professionnelle * sur argentée = 3 * sur jaune = 3 * sur argentée à l'aval -fluvial = 1 - maritime = 5	
Façade océanique entre capture et relâcher (Atlantique-Manche / Méditerranée)	* Identique = 0 * Différente = 3	
Présence d'un point du Réseau Hydrologique et Piscicole (RHP) ou du Réseau de Contrôle et Surveillance (RCS)	* A plus de 10 km = 0 * Séparé par obstacle peu ou pas franchissable à l'amont = 0 * A moins de 10 km = 4	
Présence d'une salmoniculture à moins de 5 km du secteur (risques de contamination)	* Non = 0 * Présence = 2	
Historique de repeuplement (##)[15] (délai entre relâcher et post-évaluation)	* Plus de 4 ans = 0 * Moins de 4 ans = 3	
(#) : s'applique aussi si le barrage ou l'obstacle doit être équipé ou géré dans un délai < 5 ans après le repeuplement. **(##)** : Si le site fait l'objet d'une post-évaluation dans un délai de plus de 4 ans ou de moins de 4 ans après le relâcher et qu'il n'y a pas de marquage par balnéation.	**TOTAL :**	

Figure 15 : grille de sélection des sites de transfert de civelles définie dans le plan national français de gestion de l'anguille et appliquée dans l'appel à projet de 2011.

Critères de croissance		**Critères de densité** (kg.ha^{-1})	**Facteurs de mortalité**					
			Pollution (PCB, pesticides, métaux lourds…)		**Obstacles à la dévalaison**		**Pêcherie**	
Estuaire	3	130 < 75 < 35 < 0						
Eau douce - Aval - Plan d'eau	2	100 < 50 < 25 < 0	Population indemne	3	Absence	3	Absence	3
Eau acide - Tourbière - Amont des cours d'eau (ordre 1 et 2)	1	50 < 25 < 10 < 0	Contaminations détectées mais commercialisation autorisée	2	Présence	2	Présence	2
		0 1 2 3	Commercialisation non autorisée	1	obstacle absolu	1	pas d'échappement	1

Figure 16 : grille de sélection des sites de transfert de civelles proposée par le MNHN et appliquée dans les appels à projet à partir de 2012

Année du déversement	Quantité déversée
Année 1 (densités faibles cf grille sélection)	2 à 5 kg civelles par ha
Année 1 (densités moyennes (cf grille sélection)	0,5 à 1kg kg/ha
Année 2	AN1 / 2
Année 3	AN2 / 2
Année 4	AN3 / 3

Figure 17 : grille de détermination de la densité de civelles à déverser selon différents critères intrinsèques au site, relatifs à la population d'anguilles indigènes et à l'historique de transferts.

2. La pêche et le stockage des civelles

Une fois les projets acceptés, avant que les lots dédiés aux transferts ne soient constitués, des civelles issues du ou des estuaires choisis pour être à l'origine des lots déversés sont analysées afin de rechercher la présence du virus EVEX dans ces estuaires.

Cet échantillonnage précoce n'a été mis en place qu'à partir de l'appel à projets 2012, afin de limiter le temps de stockage des civelles chez les mareyeurs puisque les analyses EVEX ne peuvent être réalisées en moins de 15 jours. Le nombre de civelles analysées pour la recherche de ce virus a également évolué au cours des appels à projets. Ainsi, 6 lots de 10 civelles du lot déversé ont été analysés pour les projets de 2011 alors que 3 lots puis 1 lot de 10 civelles ont été analysés préalablement à la constitution du lot déversé en 2012 et 2013, respectivement. En cas de détection positive de l'EVEX dans l'un des estuaires, une procédure alternative est proposée consistant à effectuer de nouveau cet examen sur 6 échantillons de 10 civelles. Ces 6 échantillons devront alors être indemnes d'EVEX.

La pêche pour la constitution des lots de civelles déversées démarre par la suite, en fonction du marché. En raison du différentiel entre le coût du marché transfert et le coût du marché consommation, les civelles destinées aux transferts sont pêchées une fois l'atteinte du quota consommation. Ainsi, les dates de première pêche du lot peuvent varier d'une année sur l'autre. Une fois les civelles pêchées, elles sont stockées chez divers mareyeurs. Durant ce stockage, 6 échantillons de 10 civelles vont être analysés pour détecter la présence de virus de salmonidés, à savoir NHI, SHV, et uniquement en 2011, NPI. Ces analyses ne sont pas effectuées sur les lots qui seront déversés dans des zones considérées comme non indemnes de ces virus. Enfin, la présence de parasites internes, notamment *Anguillicoloïdes crassus*, *Pseudodactylogyrus sp.* et *Ichtyophtirius sp.* est recherchée dans 6 échantillons de 10 civelles également. L'appel à projets stipule que, dans l'idéal, les civelles doivent être stockées entre 1 et 3 semaines, sans alimentation, dans une eau de température inférieure à 10°C. Ce temps de stabulation ne doit pas dépasser 2 mois, afin d'éviter la détermination sexuelle mâle, et de réduire les risques de contamination par des agents pathogènes.

3. Les analyses de la qualité des civelles et le marquage

La veille du déversement, divers échantillons de civelles sont prélevés afin de tester leur qualité à différents niveaux. Ainsi, 3 échantillons de 50 civelles, égouttés à l'aide de tamis, sont pesés, permettant alors d'estimer le nombre de civelles présentes dans les kilogrammes déversés. Par

ailleurs, 50 civelles sont plongées dans une solution de bleu carmin-indigo à 0.5 g/L pendant 30 minutes après avoir été préalablement anesthésiées (Briand *et al.*, 2012) ce qui permet de mettre en évidence les lésions présentes sur le corps et la queue des individus, et leur intensité.

Cette observation conduit à l'assignation, pour chaque individu, d'un code x – y, indiquant l'intensité de la lésion (0 : absence de lésion ; 1 : faible lésion ; 2 : lésion importante) sur la queue (x) et le corps (y). Enfin, une série d'observations est revelée sur cet échantillon: la taille, le poids, le stade pigmentaire, les lésions et pathologies externes sont indiqués pour chacune des 50 civelles.

Ce même jour a lieu le marquage des civelles pour les lots déversés sur des sites avec présence naturelle d'anguilles. Ce marquage doit permettre de discriminer les individus issus du déversement lors des suivis ultérieurs.

Jusqu'en 2013, tous les marquages de civelles ont été réalisés à l'alizarine, un colorant vital. 3 à 5 kg de civelles sont plongés dans un bain de 40 L à 150 mg/L (Caraguel *et al.*, 2014). Cependant, en raison de la suspicion d'un effet négatif du marquage sur les civelles et aux vues des potentielles difficultés logistiques du marquage de masse, seule une portion des civelles déversées est marquée, correspondant à 10 % du lot en 2011 et 30 % à partir de 2012.

4. Le test de mortalité et le déversement

Le déversement des civelles a lieu le lendemain du marquage. Les civelles sont transportées dans des caisses, maintenues dans une atmosphère humide, saturée en oxygène et à basse température (2 à 3°C), au sein de camions frigorifiques. Elles sont déversées, à pied ou depuis un bateau, au niveau de points de déversement identifiés préalablement et répartis, de façon homogène ou non, sur la zone de déversement. Avant de relâcher les civelles, ces dernières sont acclimatées à la température de l'eau du site, afin d'éviter les chocs thermiques. A chaque point de déversement, le poids de civelles déversées est noté et diverses variables décrivant la qualité de l'eau sont mesurées : température de l'eau, salinité et teneur en oxygène. Depuis 2012, l'appel à projets précise que les lâchers doivent être effectués au niveau d'habitats favorisant l'enfouissement (sédiment sablo-vaseux), présentant des abris (plantes aquatiques), des ressources trophiques, et dépourvus de prédateurs potentiels majeurs (poissons en général). Cette dernière exigence favorise alors les habitats de faible profondeur.

Pour évaluer la mortalité liée au marquage et à la phase de mise à l'eau, des triplicats de 50 civelles non marquées d'une part, et marquées d'autre part (pour les lots concernés par le marquage), sont placés dans des aquariums et dans des enceintes installées sur les sites de déversement. Au sein des aquariums, les civelles mortes sont retirées quotidiennement alors que les enceintes ne sont pas manipulées durant toute la durée de l'expérimentation. Au bout de 15 jours, le nombre d'individus vivants est alors comptabilisé dans chaque compartiment expérimental. Au terme de cette expérimentation, 30 individus marqués sont conservés afin de vérifier la visibilité du marquage à court terme.

5. Les suivis ultérieurs

Des protocoles de suivi sont mis en place pour rechercher les anguilles issues du déversement. Les appels à projets (à partir de 2012) stipulent que 25 stations de suivi (20 en 2011) doivent être identifiées au sein de la zone de déversement, ainsi qu'1 km en amont et 1 km en aval. Ces suivis doivent être effectués par pêche électrique en utilisant la méthode des Echantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA) : 30 EPA de 30 secondes minimum en 2011 et 20 à partir de 2012. Ces pêches peuvent être combinées, dans les milieux profonds, avec des opérations de pêche aux verveux à mailles fines. En pratique, les sites de déversement stagnants et/ou saumâtres ont fait l'objet de suivi aux verveux, installés durant 1 à 4 sessions de 24 ou 48h.

Chaque anguille pêchée est mesurée et pesée et les éventuelles pathologies sont relevées. Pour les projets ayant fait l'objet d'un marquage, 50 individus susceptibles d'être issus du déversement (individus de moins de 130 mm (110 mm depuis 2013) pour le suivi 6 mois, de 130 à 200 mm (110 à 150 mm depuis 2013) pour le suivi 12 mois et de 170 à 240 mm (de 190 à 240 mm depuis 2013) pour le suivi 36 mois) répartis entre les stations sont conservés. Au laboratoire, ces individus sont de nouveau mesurés et pesés, leurs otolithes sont autopsiés afin de détecter un éventuel marquage, et la présence de parasites de l'espèce *A. crassus* est recherchée dans leur vessie natatoire. En cas de présence de marquage, et lorsque des civelles marquées ont été déversées plusieurs années de suite sur le site en question ou sur des sites à proximité, les individus sont âgés afin de discriminer les individus issus du déversement de ceux issus d'un déversement antérieur ou postérieur.

Dans le cadre de cette expertise, Fish-Pass s'est proposé de reprendre tous les otolithes des individus autopsiés non marqués afin de déterminer si ces individus provenaient de la cohorte recherchée. Cette information permet de retirer des analyses les individus non marqués trop jeunes ou trop âgés pour être issus du déversement, et donc de préciser les résultats.

EN RESUME

Les transferts analysés s'inscrivent dans le cadre du PGA dans un objectif de restauration de l'espèce. Ils font l'objet d'un protocole, qui a évolué au fil des années et qui définit les critères de choix des sites de déversement jusqu'aux modalités de suivi post-déversement.

4. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES SUR LES TROIS ANNEES DE TRANSFERT ET DE SUIVI

Pour cette expertise, seules les données disponibles concernant les années 2011 à 2013 sont considérés (*Tableau 1*). Ainsi, les phases de déversement et de suivi à 6 et 12 mois ont été étudiées pour tous les projets et le suivi 36 mois a été analysé pour les projets de 2011.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des données disponibles pour l'expertise

Année	Nombre de projets	Déversement	Suivi		
			6 mois	12 mois	36 mois
2011	6	X	X	X	X
2012	11	X	X	X	
2013	11	X	X	X	

1. Les projets de transferts de civelles

Les transferts concernent 6 UGA, à savoir Artois-Picardie (AP), Seine –Normandie (SN), Bretagne (BRE), Loire et Côtiers Vendéens (LCV), Garonne – Dordogne – Charente (GDC) et Adour (ADR)(*Figure 18*).

Le PGA devait démarrer en 2010. Un appel à projets a donc été émis en fin d'année 2009. Tous les projets retenus ont finalement été avortés en raison d'un recours déposé au tribunal des référés par les représentants des pêcheurs amateurs (Frotté *et al.*, 2012). Cependant, des civelles saisies par les douanes à l'aéroport de Roissy ont fait l'objet d'un déversement de 210 kg dans la Loire en juillet 2010. Ce projet, très atypique comparativement aux projets effectués à partir de 2011, a servi de base à la constitution des protocoles mais ne sera pas analysé dans le cadre de cette expertise.

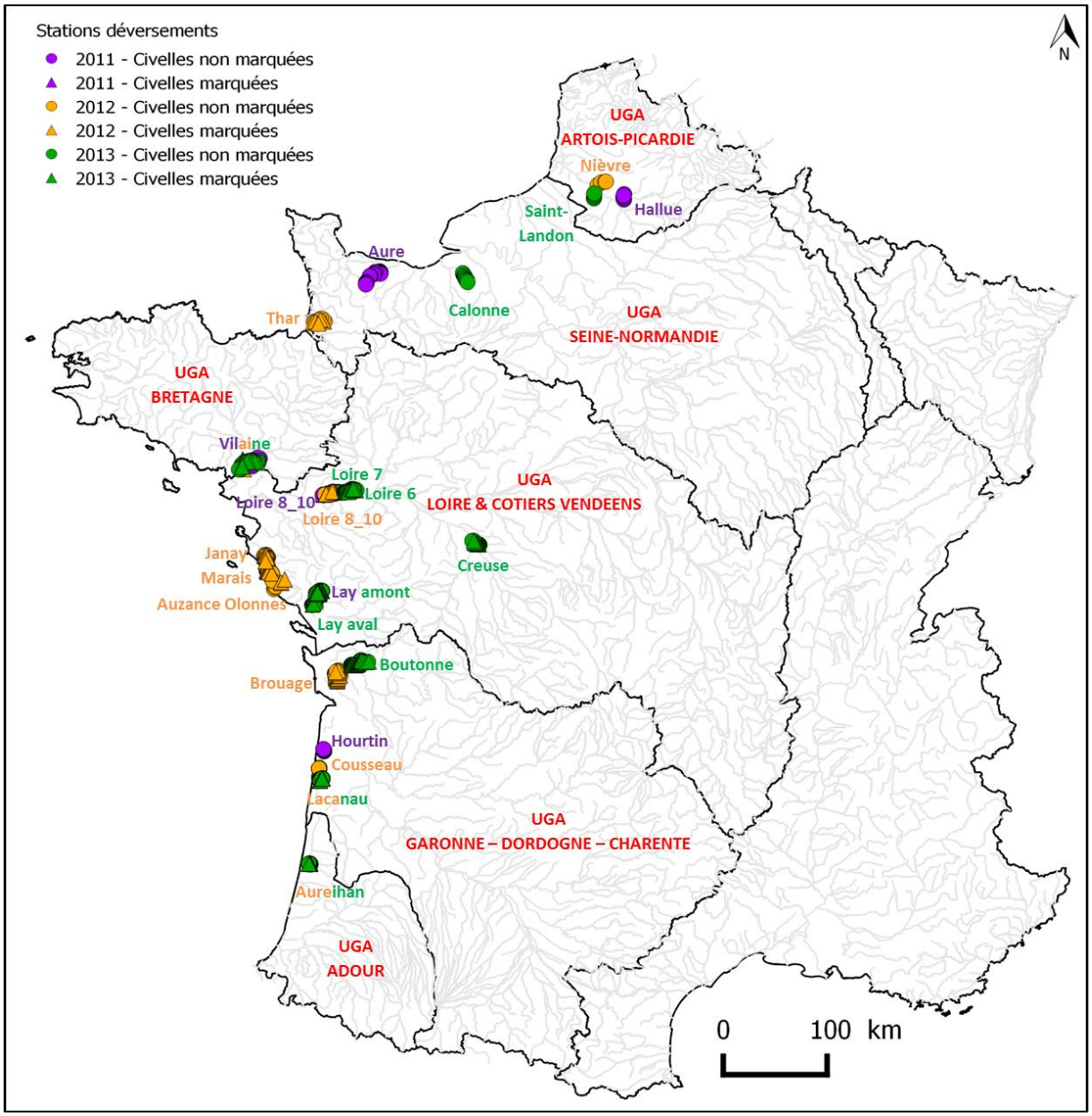

Figure 18 : carte de la répartition des sites de déversement et des projets

Tableau 2. Résumé des projets effectués entre 2011 et 2013 dans le cadre du Plan National de Gestion Anguille.

Année	Nb UGA	Nb projets		Quantité de civelles déversées	Pourcentage de la pêche de civelles	Budget	
		réalisés	avortés			total	pour le suivi (%)
2011	5 (+1)	6	6	747	1.7	532 000 *	Non renseigné
2012	6	11	1	3 097	8.4	1 677 000 *	Non renseigné
2013	6	11	0	2 924	8.6	1 887 225	29 %

** : ces chiffres sont des estimations dans la mesure où certains projets ont été avortés et/ou que l'intégralité de la quantité de civelles initialement prévue n'a pas été déversée pour d'autres projets*

En 2011, il était prévu de déverser 4.4 tonnes de civelles (soit 10 % de la production de civelles). Au final, seuls 1.7 % ont été déversés pour diverses raisons (*Tableau 2*). En effet, 6 projets ont été avortés (UGA LCV, GDC, ADR) et seule une partie de la quantité de civelles initialement prévue a été déversée pour d'autres (UGA BRE, LCV, GDC), du fait de la détection du virus EVEX dans certains lots, d'un blocage de 49 % des financements et d'une chute des cours de la civelle provoquée par l'interdiction d'export vers la Chine (Frotté et al., 2012). De plus, la parution tardive de l'appel à projets national n'a pas permis de réagir face à ces problèmes. Finalement, seuls les deux UGA du Nord de la France (AP et SN) ont déversé 100 % du quota dédié à leur UGA.

A partir de 2012, le pourcentage de civelles de 5 à 10 % imposé par le PGA a été respecté. Seul un projet a été avorté, en raison de la découverte de taux préoccupants de mercure dans des sandres du site de déversement. Aucun déversement n'a donc eu lieu cette année dans le lac d'Hourtin mais les civelles initialement prévues pour ce lac ont finalement été déversées en complément du déversement prévu dans le lac de Lacanau. En revanche, seuls 51 des 200 kg initialement prévus ont été déversés dans l'UGA ADR. Par ailleurs, l'UGA BRE a fait l'objet d'un second appel à projets puisque les projets initialement proposés (divers plans d'eau) ont été rejetés par la commission. Ainsi, 11 projets ont été réalisés en 2012 comme en 2013, conduisant à un déversement d'environ 3 tonnes de civelles dans les 6 UGA chaque année, pour un budget annuel de près de 2 millions d'euros. Pour l'année 2013, 29 % du budget total ont été alloués aux suivis, soit presque 550 000 euros.

Finalement, 28 projets ont vu le jour entre 2011 et 2013. Ils ont été pris en charge par 9 porteurs de projets :

- les CRPMEM/COREPEM (Comité régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins) : Nord-Pas de Calais, Basse-Normandie, Bretagne, Pays de Loire, Poitou-Charentes et Aquitaine (n = 24),
- l'AADPPED (Association Agréée Départementale des Pêcheurs Professionnels en Eau douce) Gironde, en collaboration avec le CRPMEM Aquitaine (n = 4)
- l'AADPPMFEDLA (Association des Pêcheurs Professionnels Maritimes et Fluviaux Eau Douce de Loire Atlantique) (n = 3)
- l'AAIPBLB (Association Agrée Interdépartementale des Pêcheurs Professionnels en eau douce du Bassin de la Loire et des cours d'eau Bretons) (n = 1)

EN RESUME

De 2011 à 2013, 6 768 kg de civelles (près de 20 millions d'individus) ont été déversés sur 6 UGA, dans le cadre de 28 projets, pour un budget total estimé à 4 096 225 euros. Des opérations qui atteignent, en 2012 et 2013, l'objectif d'un transfert dans les eaux métropolitaines de 5 à 10 % de la pêche de civelles prévu par le PGA.

2. Les sites de déversement

Entre 2011 et 2013, 28 projets ont été réalisés, répartis sur 25 sites/secteurs et 6 UGA (*Figure 19 à 21*, *Tableau 3*). Trois sites ont fait l'objet de transfert dans chacun des UGA Artois Picardie (*Figure 19*) et Seine-Normandie (*Figure 19*), un seul dans les UGA Bretagne (site ou « secteur », *Figure 20*) et Adour (*Figure 21*), neuf dans l'UGA Loire et Côtiers Vendéens (*Figure 20*) et cinq dans l'UGA Garonne-Dordogne-Charente (*Figure 21*). Près de trois quarts de ces sites sont des cours d'eau, les autres sites étant des étangs/lacs (16%, UGA GDC et ADR) ou des marais (12%, UGA LCV et GDC).

Tableau 3. Présentation des sites de déversement et des quantités déversées par UGA et par année

UGA	Site ou secteur	Type de milieu	2011 Poids déversé (kg) total	2011 Poids déversé (kg) marqué	2012 Poids déversé (kg) total	2012 Poids déversé (kg) marqué	2013 Poids déversé (kg) total	2013 Poids déversé (kg) marqué	**TOTAL**
AP	Hallue	Cours d'eau	45	-					116 kg dont 0 kg marqué
	Nièvre	Cours d'eau			37	-			
	Saint-Landon	Cours d'eau					34	-	
SN	Drôme *	Cours d'eau	75	-					299.7 kg dont 35 kg marqués
	Aure *	Cours d'eau	59	-					
	Thar	Cours d'eau			113	35			
	Calonne	Cours d'eau					52.7	-	
BRE	Vilaine	Cours d'eau	200	20 étiers uniquement	333	100 boires uniquement	305.9	69.9 cours principal + quelques boires	838.9 kg dont 189.9 kg marqués
LCV	Loire 10_8 (aval)	Cours d'eau	150	15					3 674.3 kg dont 962 kg marqués
	Loire 10_8 (amont)	Cours d'eau			962	290			
	Loire 7_6 **	Cours d'eau					699.7	110	
	Creuse	Cours d'eau					298.1	90	
	Lay (aval) *	Cours d'eau	15	5			334	105	
	Lay (amont) *	Cours d'eau	158.5	31			335	126	
	Jaunay	Cours d'eau			181	50			
	Auzance (aval) *	Cours d'eau			40	-			
	Auzance (amont) + Ciboule *	Cours d'eau			50	50			
	Olonne *	Marais			151	-			
	Marais breton	Marais			300	90			
GDC	Boutonne	Cours d'eau					232	70	1 155 kg dont 271 kg marqués
	Brouage	Marais			270	81			
	Hourtin	Plan d'eau	44	-					
	Cousseau	Plan d'eau			150	-			
	Lacanau	Plan d'eau			459	-	330.7	120	
ADR	Aureilhan	Plan d'eau			51	17	302	102	353 kg dont 119 kg marqués
746.5	**51**	**3097**	**713**	**2 924.1**	**792.9**	**6767.6**			

* : l'Aure et la Drôme font partis d'un même projet ; de même pour Auzance (aval), Auzance (amont) + Ciboule, et Olonne ; de même pour Lay (aval) et Lay (amont), en 2011 uniquement.

** : Loire 7_6 regroupe deux projets, un déversé sur le lot 7, le second déversé sur le lot 6.

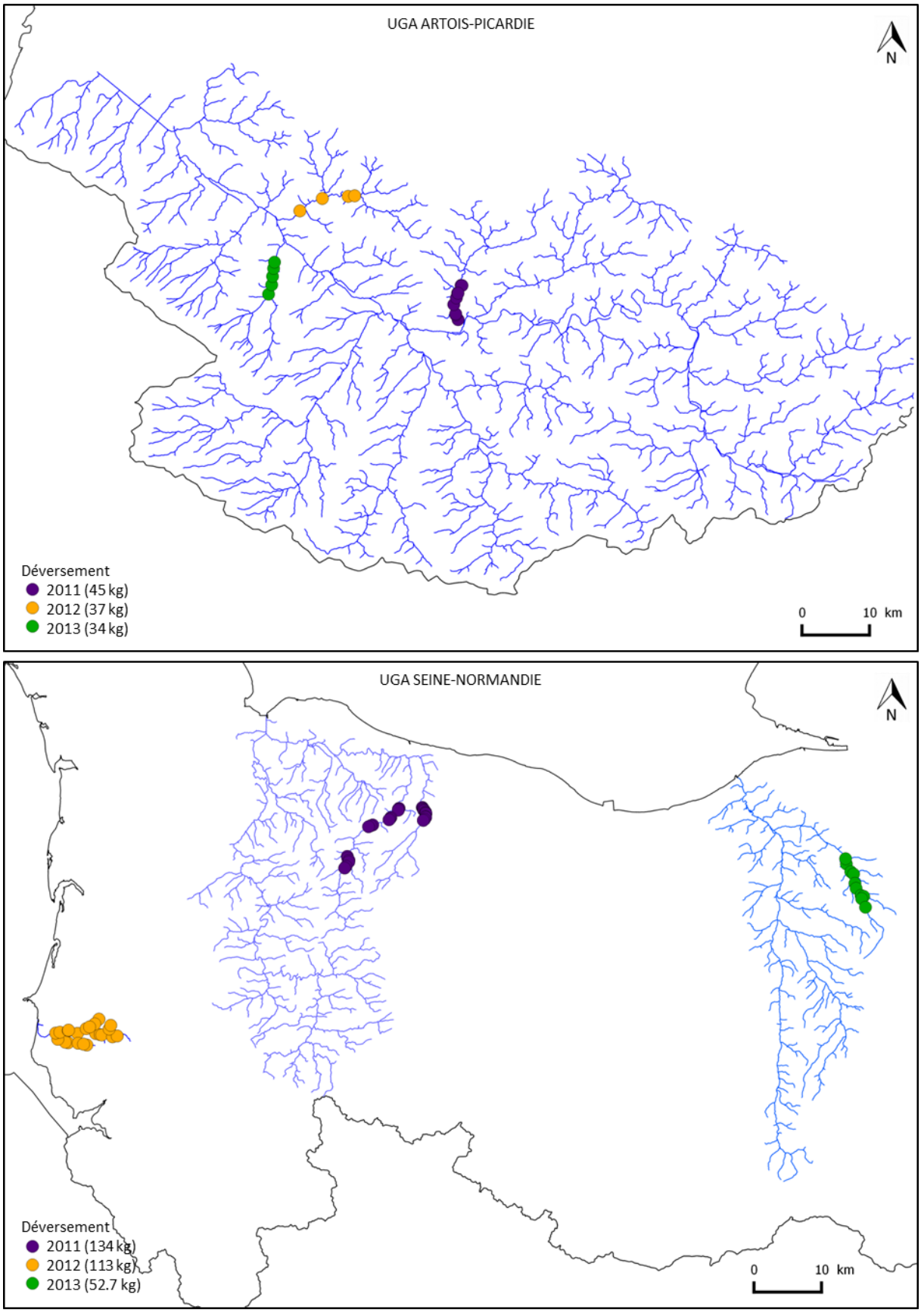

Figure 19 : les sites de déversement situés dans les UGA Artois-Picardie (AP, haut) et Seine-Normandie (SN, bas)

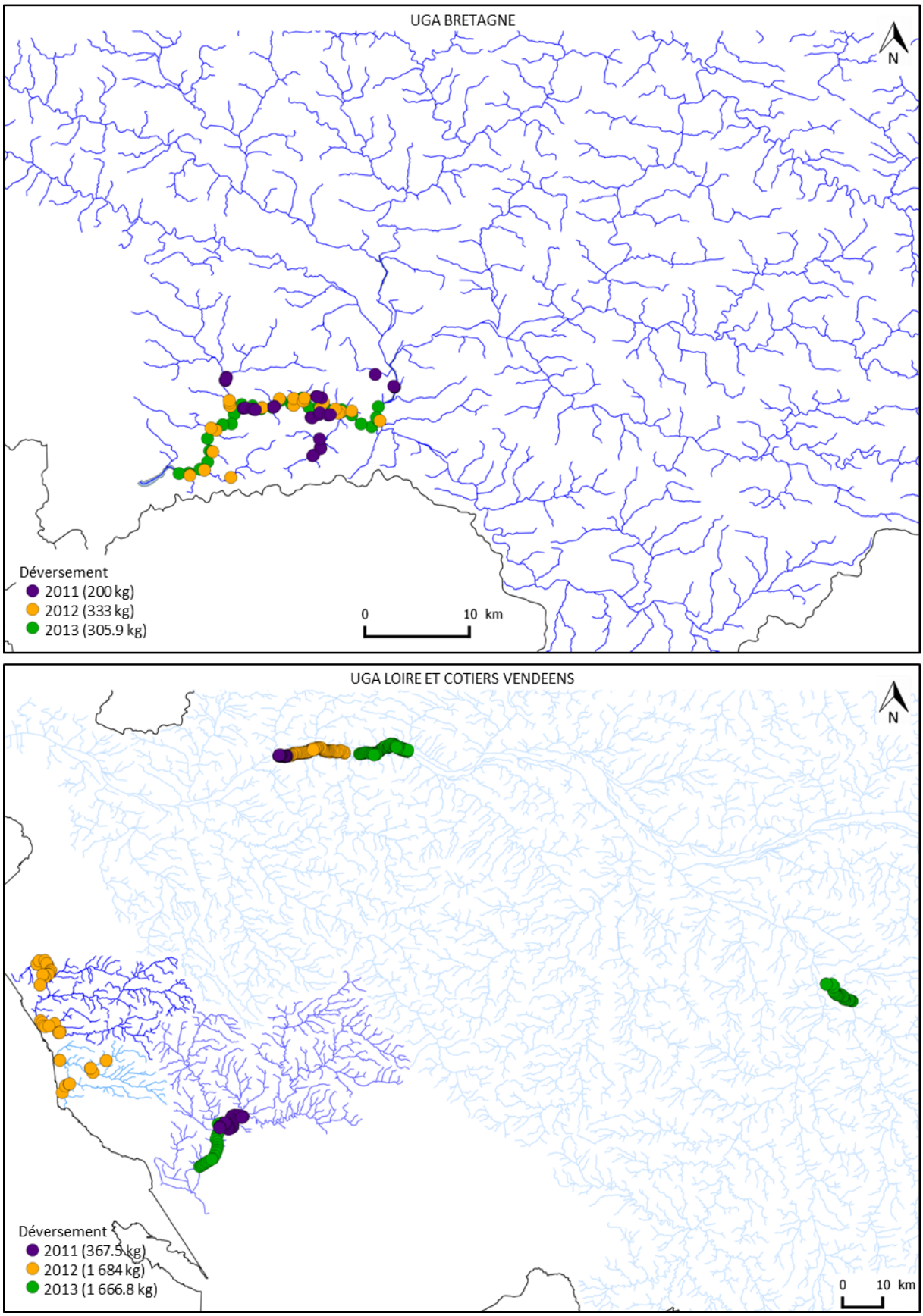

Figure 20 : les sites de déversement situés dans les UGA Bretagne (BRE, haut) et Loire et Côtiers Vendéens (LCV, bas)

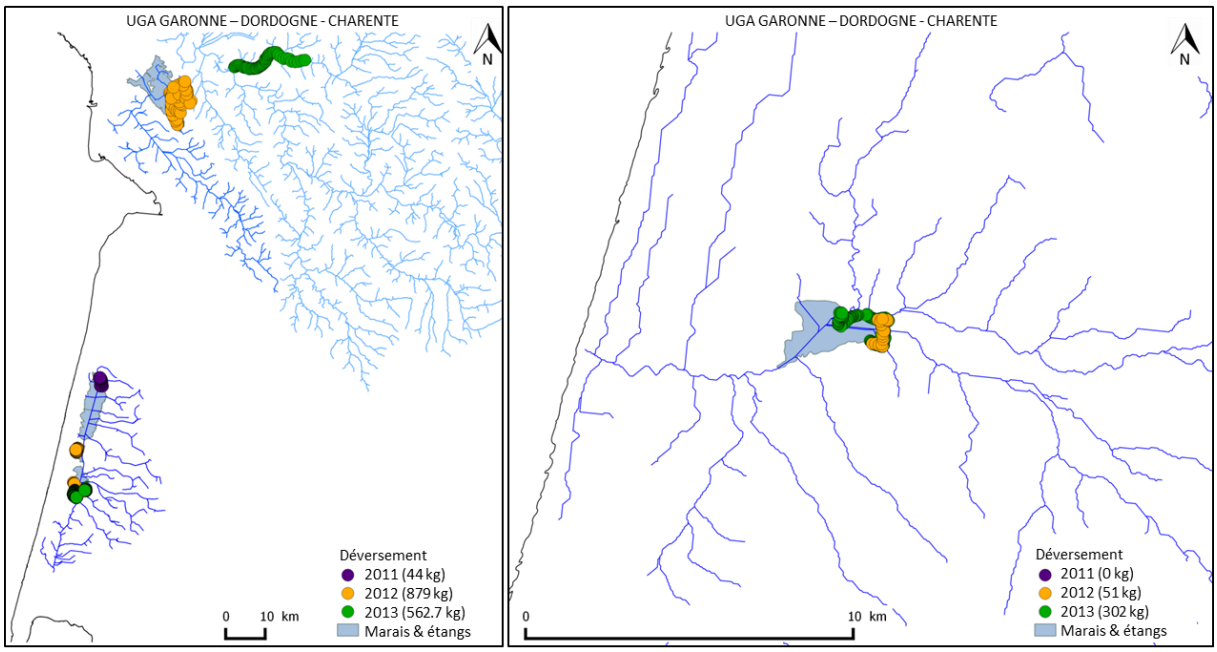

Figure 21 : les sites de déversement situés dans les UGA Garonne – Dordogne – Charente (GDC, haut) et Adour (ADR, bas)

Seule la Vilaine a fait l'objet d'un déversement lors des trois années, au niveau de différents types d'habitats d'un même secteur (les étiers en 2011, les boires en 2012, le cours principal et quelques boires en 2013). Les étangs de Lacanau et Aureilhan, par leur superficie, ont également permis des transferts successifs. Enfin, le Lay a fait l'objet de deux transferts, l'un en 2011, principalement focalisé à l'amont de l'ouvrage de Mortevielle, et l'autre en 2013 regroupant un projet en amont de l'ouvrage et un second à l'aval. Quant à la Loire, elle présente la particularité d'avoir fait l'objet de transferts successifs entre 2011 et 2013 remontant progressivement de l'aval vers l'amont. La *Figure 18* met en évidence la proximité des sites de déversement aux estuaires, à l'exception de la Creuse. Ce constat est directement lié aux grilles de sélection des sites qui favorisent les sites les plus aval des cours d'eau, où les impacts des pêcheries et des barrages sont plus limités, mais où les pollutions et la dégradation morphologique des habitats sont supérieures.

La majorité des sites des UGA Artois Picardie et Seine-Normandie n'ont pas fait l'objet de marquage, contrairement aux UGA Bretagne, Loire & Côtiers Vendéens, et Adour. Concernant l'UGA GDC, la majorité des projets ne sont pas concernés par le marquage pour les projets de 2011 et 2012 alors tous les projets de 2013 le sont.

Une liste de sites propices au déversement n'a pas toujours été éditée par le COGEPOMI. Une réunion regroupant notamment l'ONEMA et la fédération de pêche a alors permis de sélectionner un site favorable pour l'UGA SN en 2012 et 2013, par exemple. De même, l'UGA BRE ne dispose pas de liste.

EN RESUME

28 projets ont été réalisés sur 25 sites. Certains sites ont donc fait l'objet de transferts plusieurs années de suite, ce qui a nécessité un marquage, au moins la seconde année.

On observe une certaine diversité dans les sites concernés (cours d'eau, marais, étangs/lacs), même s'ils sont majoritairement localisés dans les zones aval des bassins versants.

3. La phase de pré-déversement

En 2011, 2012 et 2013 respectivement, 7, 10 et 13 lots de civelles ont été constitués pour réaliser les 28 projets. Ainsi, le projet Lay 2011 contient deux lots de civelles, différant par leur origine et le vivier de stockage. Un seul de ces lots a été déversé sur la partie aval de l'ouvrage, alors que des individus des deux lots ont été relâchés aléatoirement sur la zone de déversement amont. Deux lots ont également été constitués pour le projet Lay amont 2013 (déversés aléatoirement sur le site) et pour le projet Lacanau 2013 (l'un déversé sur la partie Est et Sud de la zone de déversement, le second, sur la partie Sud et Ouest). A l'inverse, les civelles des projets Brouage et Cousseau 2012 provenaient du même lot.

1. La pêche et la stabulation des lots de civelles

Comme évoqué précédemment, la période de pêche des civelles dédiées aux transferts démarre, en théorie, une fois la clôture des quotas pour la consommation. Elle varie donc au cours des années entre les UGA et au sein des UGA (*Figure 22*). En particulier, en 2011, les lots ont été constitués plus tardivement que pour les autres années (mars). A l'inverse, en 2013, certains lots des UGA LCV et GDC et le lot de l'UGA ADR ont été constitués dès le mois de janvier. Si la période de constitution des lots est replacée au sein de la saison de pêche, qui varie selon les UGA, la majorité des lots a été constituée durant la seconde partie de la saison. En 2011 et 2012, un gradient Nord-Sud est observable, avec des lots constitués plus précocement, au sein de la période de pêche, dans le Nord que dans le Sud. En 2013, 50 % des lots ont été constitués durant la première moitié de la saison, indépendamment de la géographie.

La *Figure 23* illustre la variabilité dans le temps de pêche nécessaire à la constitution des lots de civelles (un jour pour l'Hallue en 2011, plus d'un mois pour Aureilhan en 2012). Bien que la majorité de ces derniers ait été pêchée au bout de 15 jours, le temps de stabulation conduit à un laps de temps entre le début de la pêche et le déversement très variable entre les lots. Par exemple, les lots déversés dans le marais breton et dans l'étang de Lacanau en 2013 ont été constitués en 8 et 9 jours, respectivement, mais ils ont été déversés un peu plus de 15 jours et plus d'un mois après le début de la constitution des lots, respectivement. Les temps de pêche et de stockage sont en moyenne (± sd) plus courts pour les UGA plus au Nord (AP, SN, BRE et LCV : 6±1 jours et 12±2 jours, respectivement) que pour les UGA du Sud (GDC et ADR : 16±3 jours et 18±4 jours, respectivement). En 2013, les temps de pêche sont particulièrement courts (6±2 jours) par rapport à 2011 (8±3 jours) et surtout 2012 (12±3 jours) mais les temps de stockage sont plus longs (21±3 jours) que les années précédentes (7±2 jours en 2011 et 10±2 jours en 2012).

Par la suite, le nombre maximum de jours de stockage sera considéré dans les analyses comme le nombre de jours entre la date de première pêche et le jour de déversement. Ce nombre contient donc un biais puisqu'il considère que toutes les civelles ont été pêchées durant le premier jour.

Les 31 lots ont été stockés dans 7 viviers (*Figure 24*). Deux d'entre eux représentent deux tiers des lots stockés : ils regroupent la quasi-intégralité des lots des UGA AP, SN, BRE et LCV. Seuls les trois viviers les plus au Nord ont été sollicités en 2011. A l'inverse, tous les viviers à l'exception du vivier G ont stockés des civelles de 2013. Enfin, en 2012, cinq viviers ont été sollicités.

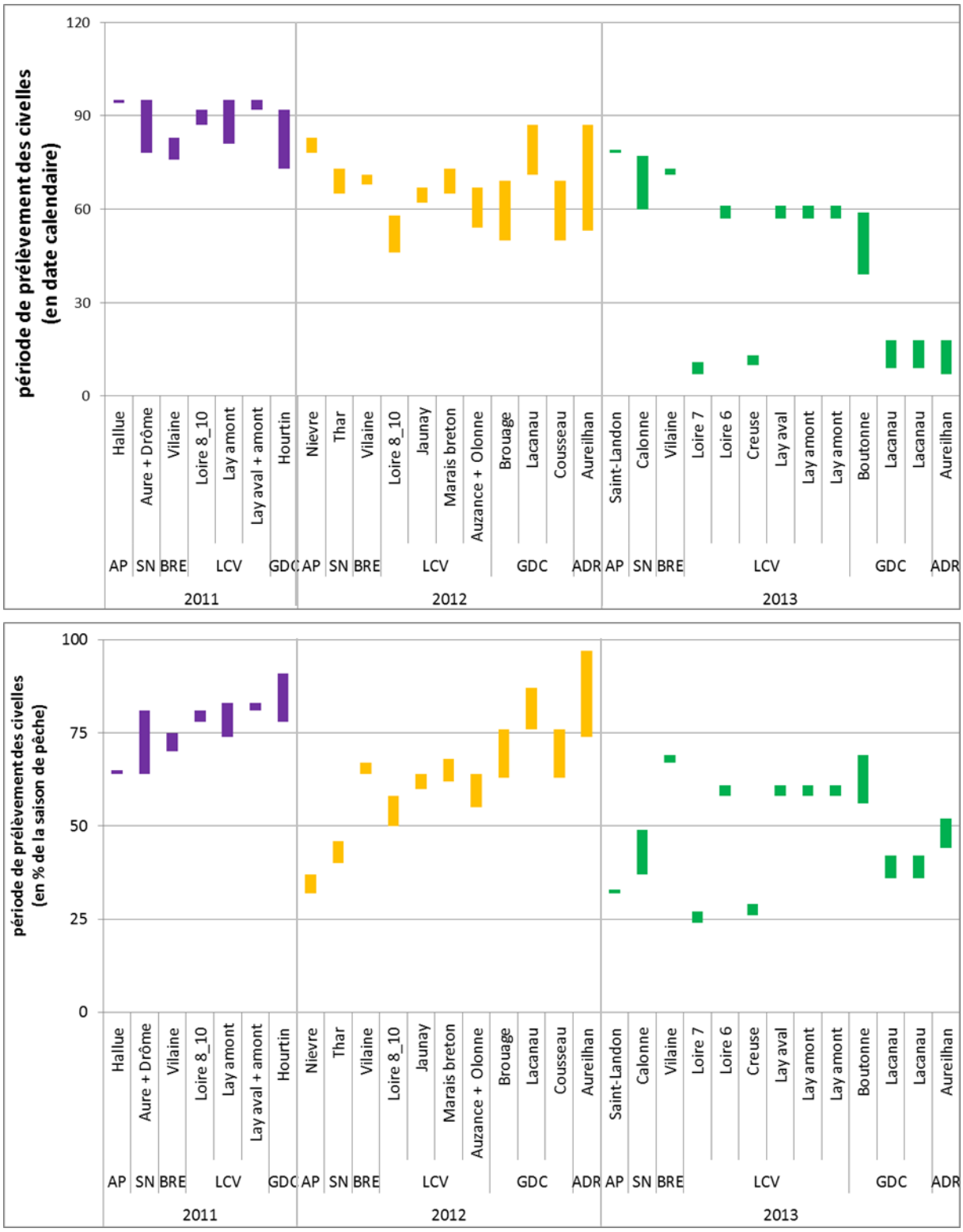

Figure 22 : période de constitution des lots de civelles en date calendaire (haut) et en pourcentage de la saison de pêche de l'UGA (bas). Les rectangles représentent la date de début et de fin de pêche. La date calendaire correspond au numéro du jour de l'année. Ainsi, tous les lots ont été constitués avant le 94° jour de l'année (13 avril). La saison de pêche est définie par arrêtés préfectoraux.

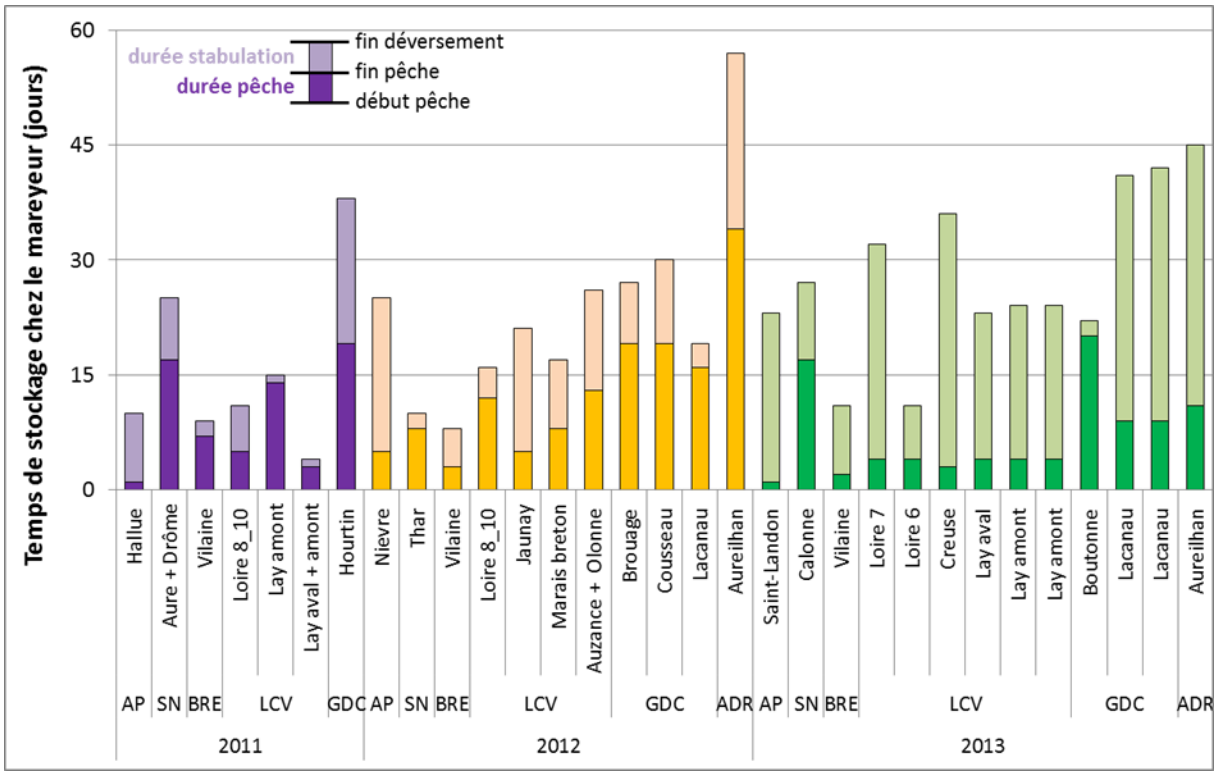

Figure 23 : durée de la période de pêche et du temps de stockage dans les viviers des mareyeurs pour chaque lot de civelles. Cette durée ne prend pas en compte la durée de déversement puisque tous les lots de civelles ont été déversés en une ou deux journées, à l'exception de la Vilaine en 2012 (huit jours entre le début et la fin du déversement).

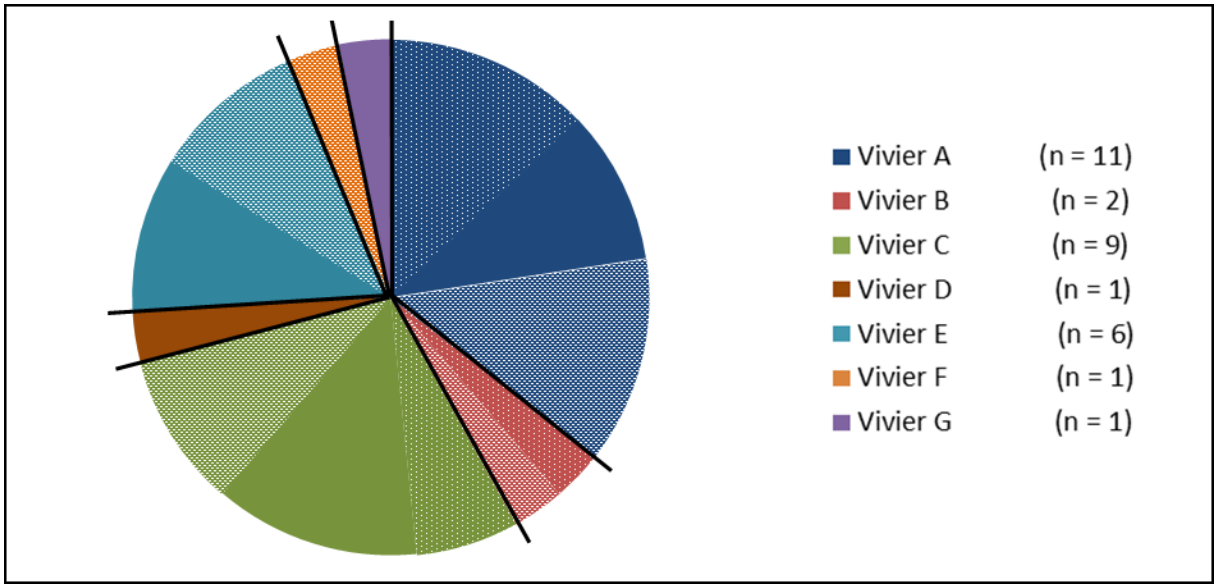

Figure 24 : proportion (et nombre) de lots stockés dans chaque vivier de mareyage. Les viviers en légende sont classés par ordre géographique du Nord au Sud. Les secteurs avec points blancs, sans points, et avec briques blanches représentent respectivement les années 2011, 2012 et 2013.

2. Les analyses sanitaires

Le programme sanitaire comprend 2 groupes d'analyses : les recherches virales et les recherches parasitaires. En plus du virus EVEX affectant les anguilles, trois virus de salmonidés, dont l'anguille peut être porteuse, sont également recherchés, à savoir les Rhabdovirus SHV et NHI (dangers sanitaires de 1ère catégorie), et le Birnavirus NPI.

Deux types de parasites sont également recherchés en plus du néamtode *Anguillicoloïdes crassus* : les protozoaires externes dont *Ichthyophtirius multifiliis* et le monogène branchial *Pseudodactylogyrus* sp.

Il est à noter qu'aucune bactérie n'a été prise en compte dans ce programme. Les résultats des analyses sont résumés dans le *Tableau 4*.

a. Les recherches virales

Les analyses virales ont été réalisées en moins de 3 semaines, à l'exception d'un lot en 2011 (28 jours pour la recherche d'EVEX et de NHI-SHV-NPI) et de trois estuaires en 2013 (entre 22 et 23 jours pour la recherche d'EVEX), pouvant influencer le temps de stockage chez les mareyeurs.

EVEX

Le virus EVEX est recherché dans des échantillons de 10 civelles (6 échantillons en 2011, issus du lot à déverser, 3 en 2012 et 1 en 2013, issus d'une pêche antérieure à la constitution du lot). Chaque échantillon de 10 civelles donne lieu à une analyse. Ainsi, entre 1 et 6 analyses ont été effectuées par lot (2011) ou par estuaire (2012-2013, *Tableau 4*).

Tableau 4. Résumé des analyses sanitaires effectuées en 2011 et 2013 dans le cadre des 28 projets de transferts de civelles.

Année	EVEX			NHI – SHV (et NPI en 2011)			Parasites		
	Nb de lots - d'estuaires analysés		Nb individus / lot - estuaire	Nb de lots analysés		Nb individus / lot	Nb de lots analysés		Nb individus / lot
	total	détection positive *	médiane (min-max)	total	détection positive	médiane (min-max)	total	détection positive **	médiane (min-max)
2011	10	3 (3, 4 & 4 analyses)	10 (10 – 60)	10	0	10 (10 – 60)	5	2 (2 & 1 ind)	24 (10 – 38)
2012	16 ***	2 (2 & 2 analyses)	30 (30 – 30)	13	0	60 (60 – 60)	8	0	60 (60 – 103)
2013	15	1	10 (10 – 10)	6	0	60 (60 – 60)	10	2 (2 & 2 ind)	60 (60 – 65)

** : la parenthèse indique le nombre d'analyses de 10 civelles qui se sont révélées positives à EVEX (sur 6 en 2011, sur 3 en 2012) pour chaque lot ou estuaire, hormis en 2013 puisque seuls 1 analyse de 10 individus a été effectuée ; ** : la parenthèse indique le nombre d'individus contenant un parasite pour chaque analyse positive ; *** : pour deux, voire trois estuaires (Lay, Arzal, Bretagne), une série de 3 analyses supplémentaires a été effectuée suite à une détection positive à l'EVEX.*

En 2011 et 2013, les analyses montrent que 4 UGA, (GDC, ADR, BRE et LCV) sont positives au moins 1 année et sur 1 site en EVEX. Ces résultats proviennent d'échantillons en quantités très variables : 28 en 2011, 73 en 2012 et 28 en 2013.

Ils ont été produits par 2 laboratoires : l'ANSES de Brest, laboratoire de référence des maladies des poissons, et le LDA40, par la même méthode, à savoir un isolement viral sur 2 lignées cellulaires : EPC et RTG2 à 14°C, et une lignée supplémentaire par l'ANSES : CHSE 214 à 14°C. Cette lignée n'est pas indispensable pour la recherche de l'EVEX, elle donne une indication de sa capacité d'isoler ce virus en plus des 2 autres ou pour trouver d'autres virus. En cas de présence viral, l'identification a été réalisée par Immunofluorescence par les 2 laboratoires et également par séro-neutralisation par l'ANSES.

16 analyses se sont révélées positives (*Tableau 4*) :

- pour 3 lots en 2011 : Seudre-Charente (UGA GDC)(4+/6) ; Gironde (UGA GDC)(4+/6); Adour (UGA ADR)(3+/6)
- pour deux estuaires en 2012 : Vilaine (UGA BRE)(2+/3) et Le Lay (UGA LCV)(2+/3)
- pour un estuaire en 2013 : Seudre (UGA GDC)(1+/1)

On observe donc une seule récurrence de positivité sur Seudre en 2011 et 2013 avec une année négative entre les 2.

La prévalence globale interannuelle est de 12.4% (16+/129), elle est de 0.9% sur le bassin méditerranéen en 2011 à partir de 109 sujets anguilles argentées analysées en PCR (com. personnelle, E. Amilhat).

Diverses remarques peuvent également être notées concernant ces analyses :

- En 2011, l'analyse EVEX a été réalisée avant la constitution du lot pour 5 des 7 lots déversés, et le nombre d'échantillons testés était variable d'un lot à un autre (en majorité inférieur aux 6 échantillons préconisés par l'appel à projets).
- En 2011, seuls les trois lots pour lesquels 6 échantillons ont été analysés se sont révélés positifs à EVEX, pas plus de 3 échantillons ayant été analysés pour les autres lots. Cette détection a conduit à réduire les quantités déversées dans l'UGA GDC et à avorter le projet de l'UGA ADR.
- En 2012, comme les estuaires de la Vilaine et du Lay se sont révélés positifs à EVEX, une seconde étape d'analyses a été réalisée.
    - Pour l'estuaire du Lay, ces analyses se sont révélées négatives mais seules trois analyses supplémentaires ont été effectuées, alors que 6 analyses sont préconisées par l'appel à projets dans le cas d'une détection positive à EVEX. Cependant, l'estuaire du Lay n'a finalement pas été utilisé pour constituer de lot de l'UGA LCV.
    - Pour l'estuaire de la Vilaine, 6 nouvelles analyses ont été réalisées à partir d'individus provenant d'Arzal (pour 3 d'entre elles) et d'origine inconnue (Bretagne pour les 3 autres). Il est donc difficile de déterminer si les préconisations de l'appel à projets ont été respectées, d'autant que l'estuaire de la Vilaine a permis de constituer le lot déversé dans l'UGA BRE.

- Contrairement à 2011, la détection positive à EVEX pour Seudre en 2013 n'a pas conduit à réduire les quantités déversées dans l'UGA GDC, la détection précoce ayant permis l'utilisation d'un autre estuaire pour constituer les lots.

Autres virus

Concernant les virus NHI et SHV, entre une et six analyses ont été effectuées pour chaque lot (*Tableau 4*). Ces analyses se sont toutes révélées négatives. On peut de nouveau noter qu'elles ont été réalisées avant la constitution du lot pour 5 lots en 2011 et 2 lots en 2012. Ces virus ont été testés sur tous les lots en 2011 mais seulement sur 5 et 3 lots en 2012 et 2013 respectivement, puisque la majorité des sites de déversement étaient considérés comme non indemnes. Ces zones non indemnes sont localisées dans les UGA du Nord (AP, SN, BRE et parfois LCV) pouvant expliquer le temps de stockage en moyenne plus court dans ces UGA du Nord par rapport aux UGA du Sud.

La recherche du virus NPI n'a été effectuée qu'en 2011, conjointement à la recherche des deux autres virus. Toutes les analyses effectuées se sont également révélées négatives.

b. Les recherches parasitaires

Une analyse a été effectuée pour chaque lot. Le nombre d'individus testés est très variable en 2011 et 2012 (bien que toujours supérieur ou égal au nombre exigé par l'appel à projet en 2012) et plus proche des recommandations en 2013 (*Tableau 4*).

La recherche de parasites ne dure qu'un jour, et n'influence donc pas le temps de stockage chez les mareyeurs.

Anguillicoloïdes crassus

Les résultats des 3 années montrent l'absence du parasite dans la totalité des lots analysés par 2 ou 3 laboratoires : le LASAT de la Rochelle en majeure partie, le LDA40 et un laboratoire de la Nièvre.

Aucune analyse ne s'est révélée positive à *A.* crassus. Cependant, on peut se demander sur quels stades elles ont été réalisées, car si les individus sont trop précoces, sur des stades à jeun, on risque d'avoir des « faux négatifs ». Or, les stades ne sont pas étudiés ni mentionnés dans les rapports du laboratoire réalisant la parasitologie, donc on ne peut interpréter ces résultats.

Autres parasites

4 analyses se sont révélées positives : deux genres de protozoaires, *Trichodina* et *Sciphidia*, qui ne font pas partis de la liste des parasites ciblés, ont été trouvés dans 5 individus.

3. Les analyses effectuées la veille du déversement

La veille du lâcher, diverses variables ont été mesurées sur les lots à déverser, permettant d'estimer la quantité et la qualité des civelles déversées.

a. *Estimation de la quantité de civelles déversées*

Pour chaque projet, le poids de civelles déversé est défini dans la réponse à l'appel à projets. Ainsi, le nombre de civelles déversées dépend de ce poids total mais également du poids moyen des civelles constituant le lot.

Afin d'estimer ce nombre, trois échantillons de 50 civelles sont prélevés et pesés une fois la majorité de l'eau évacuée *via* un tamis. A l'inverse, pour estimer la qualité des civelles déversées, 50 individus sont pesés après avoir été séchés individuellement (dans le cadre des analyses de biométrie). Ainsi, une différence entre les poids moyens des trois échantillons tamisés et celui de l'échantillon « biométré » est attendue (*Figure 25*). Cependant, comparativement à l'ordre de grandeur du poids d'une civelle (0.3 g), la variabilité du différentiel observé est relativement importante (en moyenne 0.03 g) et peut conduire à des estimations très différentes selon les lots. Ainsi, dans le cas extrême de la Nièvre, l'estimation du nombre de civelles déversées diffère d'environ 12 000 individus en considérant le poids moyen calculé à partir des 50 individus « biométrés » auquel est ajouté le différentiel moyen entre les deux mesures de poids tous lots confondus, par rapport au nombre estimé en considérant la moyenne des trois échantillons pesés. Cette différence représente plus de 10 % du nombre d'individus déversés estimé par la méthode des trois pesées.

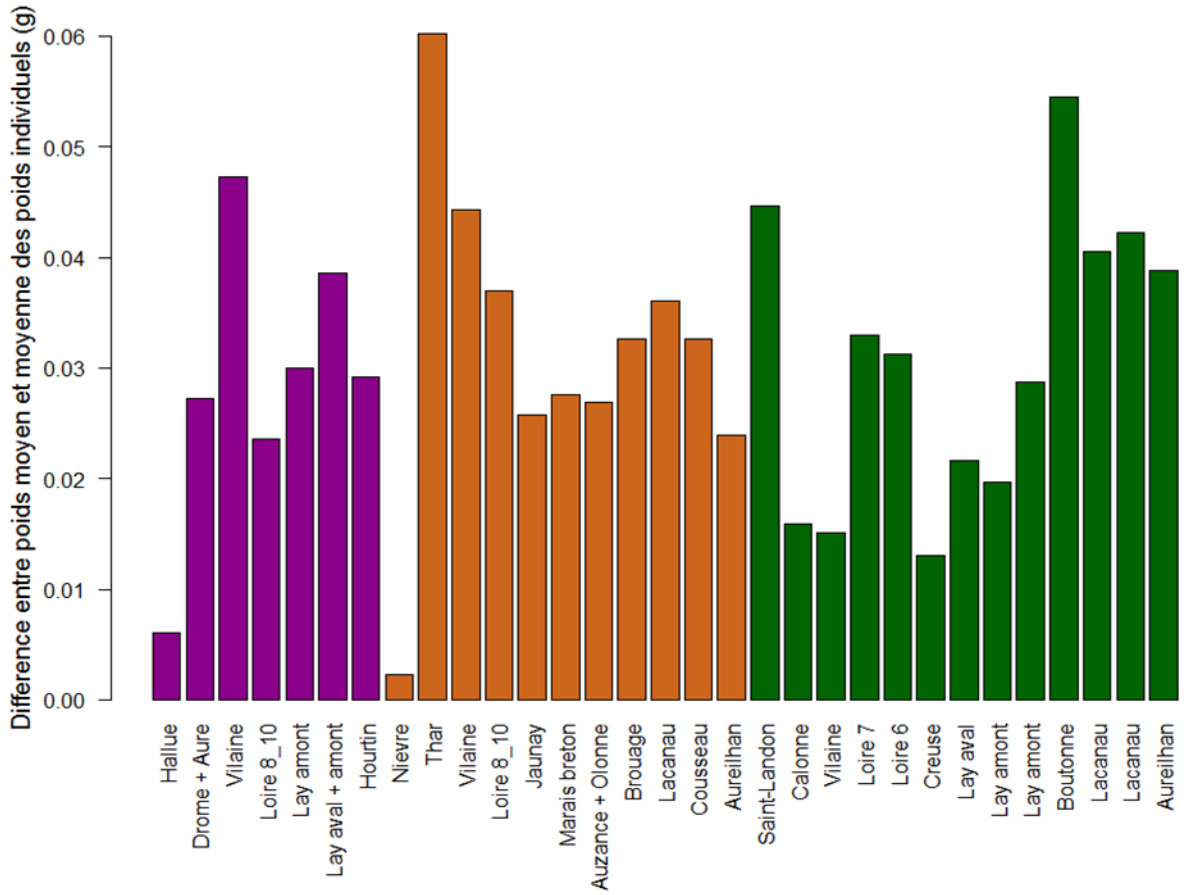

Figure 25 : différentiel entre la moyenne des poids moyens calculée à partir de trois échantillons tamisés de 50 civelles et la moyenne des 50 civelles mesurées au laboratoire, pour chaque lot. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert.

Il est donc nécessaire que le tamisage pratiqué pour peser les trois échantillons d'estimation du poids moyen soit similaire à celui réalisé pour la pesée des civelles déversées. Cependant, cela peut être difficile lorsque la quantité déversée est élevée. Afin de standardiser au mieux la mesure de ces poids et donc l'estimation du nombre d'individus déversés, il serait alors essentiel d'éditer un protocole d'égouttage (surface de tamis, maille, vide de maille, temps d'égouttage, biomasse maximum par tamis…).

b. Qualité des civelles déversées

Pour chacun des 30 lots (Brouage et Cousseau 2012 constituant un unique lot), un échantillon de civelles a été prélevé afin de définir le stade pigmentaire, la taille, le poids, les lésions et pathologies externes de chaque individu. Cet échantillon comptabilise entre 49 et 51 individus, à l'exception des 3 projets de l'UGA AP et de Lacanau 2012 (entre 100 et 103 individus), pour un total de 1702 civelles.

Stade pigmentaire

Les appels à projets préconisent de prélever des civelles de stade inférieurs à VIA2 dans les estuaires. En revanche, ils recommandent de déverser des individus dont le stade est compris entre VA et VIA3. Les stades pigmentaires évoluent plus ou moins vite chez les mareyeurs en fonction de la température de stockage et du temps de stockage. Ils sont relevés pour chaque civelle la veille du déversement, soit à la fin de la période de stockage, et n'indiquent donc pas à quels stades les civelles ont été pêchées.

La proportion des différents stades pigmentaires est très variable entre les années mais également au sein d'une même année (*Figure 26*). Les lots de 2011 sont dominés par des civelles de stades inférieurs au stade VIA2 (à l'exception de l'Hallue). Un seul lot (Vilaine) ne présente aucun individu de stades supérieurs au stade VIA3, comme le préconise l'appel à projets. Les autres comprennent entre 6 et 11 % d'individus de stades supérieurs au stade VIA3, dont un, Hourtin, contient des individus du stade VII.

En 2012, deux groupes se distinguent. 7 lots sont dominés par des stades inférieurs au stade VIA2 et ne comprennent pas d'individus de stades supérieurs à VIA3, comme le recommande les appels à projets. En revanche, 3 lots provenant de l'UGA LCV (Jaunay, Auzance et Marais breton) sont largement dominés par des stades supérieurs au stade VIA2 (entre 74 et 94 %) et comprennent entre 6 et 13 % d'individus de stades supérieurs à VIA3.

En 2013, un seul lot contient plus de 60 % d'individus de stades inférieurs au stade VIA2 (Aureilhan), et deux autres sont également dominés par ces individus (54 à 58 % pour Loire 6 et la Boutonne). De plus, tous les lots comprennent des individus de stades supérieurs au stade VIA3 (de 2 à 34 %), à l'exception de 3 lots (de nouveau Aureilhan et Loire 6, ainsi que la Creuse). Quatre lots présentent même le stade VIB, qui n'est pas rencontré dans les années précédentes.

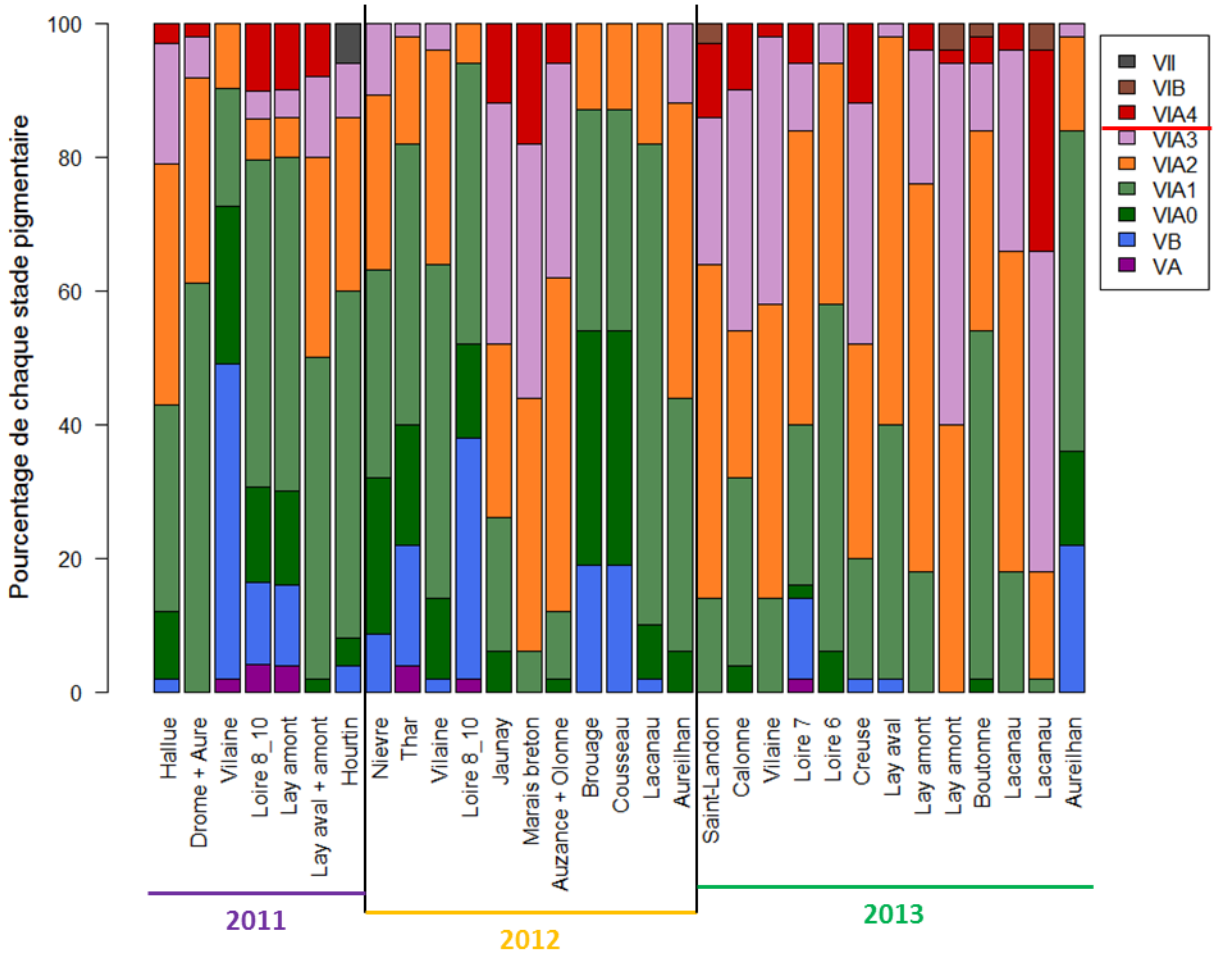

Figure 26 : distribution de chaque stade pigmentaire observé sur les 50 civelles de chaque lot. L'appel à projet recommande de ne déverser que des civelles dont le stade pigmentaire est compris entre VA et VIA3. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012.

Taille, poids, indice de condition et lésions

Ces 1702 civelles ont été mesurées et pesées. A partir de l'ensemble de ces valeurs, un indice de condition a été calculé. Pour cela, un poids a été prédit à l'aide d'une régression au quantile 75 % à partir de la formule : poids = a * taille^{b}. Ce quantile équivaut à considérer que seules 25 % des civelles ont un bon indice de condition dans la mesure où, dans le milieu naturel, les civelles sont soumises à différents stress (prédation, ressources limitées,…). L'indice de condition Wr a alors été mesuré comme le rapport entre le poids observé sur les civelles pesées et le poids prédit par la régression quantile (Blackwell *et al.*, 2000 ; *Figure 27*). Enfin, ces civelles ont également été placées dans un bain de solution de bleu carmin-indigo afin de colorer les lésions sur le corps et la queue, et de déterminer l'intensité de ces lésions.

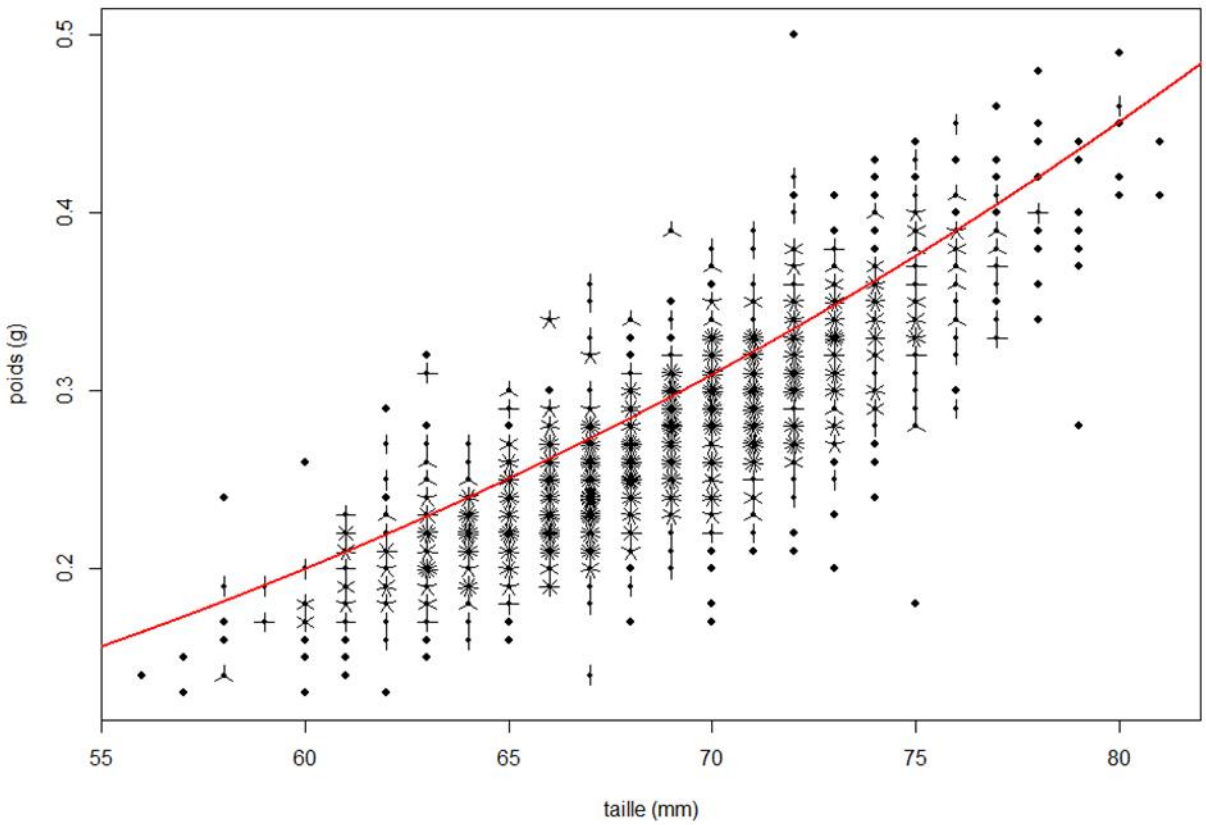

Figure 27 : calibration de l'indice de condition. Les points représentent la taille et le poids mesurés sur les 1702 civelles des 30 lots pêchées entre 2011 et 2013. Le nombre de segments rattaché à un point représente le nombre d'individus du poids et de la taille définis par ce point. La courbe rouge représente la prédiction du poids des civelles au quantile 75 %.

Des modèles linéaires généralisés ont été construits afin de mettre en évidence l'effet de diverses variables sur la taille, le poids, l'indice de condition (modèles gaussiens) et le pourcentage de lésions (modèle binomial) des 1702 civelles réparties sur les 30 lots. Ces variables, décrites à l'échelle de l'année, de l'UGA, du lot ou de la civelle, sont résumées dans le Tableau 5.

Tableau 5 . Résumé des variables étudiées pour expliquer la taille, le poids, l'indice de condition Wr et le pourcentage de lésions des 1702 civelles des 30 lots.

Modèles		Variables
Gaussiens Taille, Poids ou Indice de condition	Binomial Lésions	
X	X	*Année* : 2011, 2012 et 2013
X	X	*UGA* : AP, SN, BRE, LCV, GDC et ADR
X	X	*Période pêche* : date de première pêche du lot au sein de la saison de pêche (%)
X		*Stabulation* : nombre maximal de jours de stabulation des civelles (entre la date de première pêche du lot et la date de déversement)
X		*Stade* : stade pigmentaire de chaque civelle, regroupé en 3 catégories, autour du stade « charnière » VIA2 : < VIA2 ; VIA2 ; > VIA2), afin de limiter les degrés de liberté
	X	*Wr* : Indice de condition

En premier lieu, la corrélation entre les deux variables quantitatives (période de pêche et stabulation) a été testée : elles sont significativement corrélées ($p < 0.001$, $t = -14,7$, $df = 1750$, $rho = -0,33$), mais le coefficient de corrélation reste inférieur à 0.7, signifiant qu'elles ne sont pas ultra-corrélées et qu'elles peuvent donc être toutes les deux prises en compte dans les modèles.

Toutes les combinaisons de modèles sans interaction ont ensuite été testées et les meilleurs modèles sont sélectionnés par la méthode de l'AIC (Akaike Information Criterion, Akaike, 1973). Cette dernière permet de calculer un indice, l'AIC, qui tient compte de la vraisemblance des modèles et du nombre de variables explicatives inclues dans le modèle. De faibles AIC mettent en évidence les modèles les plus parcimonieux. Ainsi, seuls les modèles avec un ΔAIC (différence entre l'AIC d'un modèle et l'AIC le plus faible de tous les modèles testés) ≤ 2 sont présentés (*Tableau 6*). Ils sont considérés comme des modèles équivalents (Burnham and Anderson, 2002). Le pourcentage de déviance expliquée (part des données expliquée par le modèle) ainsi que le wAIC (estimation de la probabilité pour que le modèle ait le plus faible AIC si l'étude était répétée) sont alors calculés.

Tableau 6. Caractéristiques des meilleurs modèles expliquant la taille, le poids, l'indice de condition ou la présence de lésions, sélectionnés par la méthode de l'AIC (ΔAIC ≤ 2).

Formule			df	AIC	déviance expliquée (%)	dAIC	wAIC
Taille	~	UGA + Période pêche + Stabulation + Stade + Année	11	9 466	12.6	0.00	0.74
Poids	~	UGA + Période pêche + Stabulation + Année	9	-5 026	16.3	0.00	0.84
Wr	~	UGA + Période pêche + Stabulation + Stade	9	13 055	9.0	0.00	0.47
Wr	~	UGA + Période pêche + Stabulation	7	13 056	8.7	1.00	0.28
Wr	~	UGA + Période pêche + Stabulation + Stade + Année	11	13 057	9.1	1.80	0.19
Lésions	~	UGA + Période pêche + Année + Wr	9	972	18.3	0.00	0.43
Lésions	~	UGA + Période pêche + Année	8	973	18.1	0.57	0.32
Lésions	~	UGA + Période pêche + Wr	7	974	17.8	1.98	0.16

TAILLE

Un seul modèle, expliquant 12.6 % de la déviance des données, a été sélectionné (*Tableau 6*). L'année explique majoritairement les différences de taille entre les lots, suivie par la période de pêche, la durée de stabulation et l'UGA de provenance des civelles (*Tableau 7*). Enfin, le stade pigmentaire des civelles explique en partie les différences de taille inter et intra-lots.

Tableau 7. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant la taille des civelles.

	Sens de la relation	Degré de liberté	p-value (test de Chi^2)		Déviance expliquée par chaque variable, individuellement (%)
Année	*cf. Figure 28a*	2	< 2.2e-16	***	4.28
Période pêche	-	1	8.7e-08	***	1.48
Stabulation	-	1	2.2e-06	***	1.16
UGA	*cf. Figure 28b*	5	0.0031	**	0.92
Stade pigmentaire	*cf. Figure 28c*	2	0.04	*	0.33

La somme de la dernière colonne ne donne par la déviance totale expliquée par le modèle car une certaine quantité de déviance est expliquée par l'association de plusieurs variables

Les tailles de civelles sont significativement différentes entre les trois années avec des civelles plus petites en 2012 et plus grandes en 2013 (*Figure 28*). Elles sont plus faibles pour les lots dont la pêche a été effectuée tardivement au sein de la saison de pêche, et lorsque la durée de stabulation a été longue (*Tableau 7*). Elles sont également très significativement supérieures pour les lots provenant de l'UGA Adour (*Figure 28*). Enfin, elles sont significativement plus petites pour les stades pigmentaires les plus précoces (VA à VIA1, *Figure 28*).

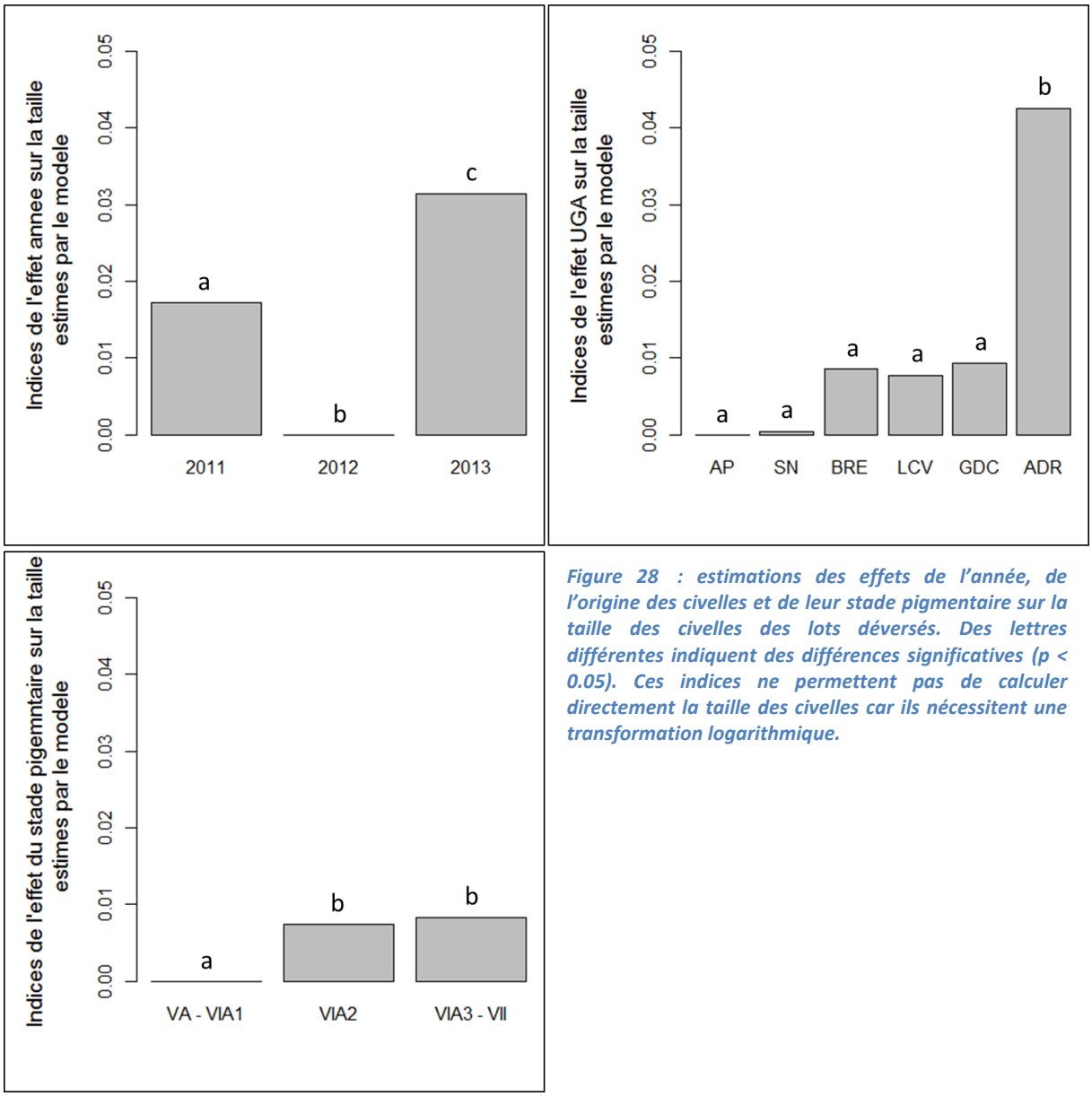

Figure 28 : estimations des effets de l'année, de l'origine des civelles et de leur stade pigmentaire sur la taille des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices ne permettent pas de calculer directement la taille des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique.

POIDS

Un seul modèle, expliquant 16.3 % de la déviance des données, a été sélectionné (*Tableau 6*). L'année et la période de pêche expliquent majoritairement les différences de poids entre les lots, suivies par l'UGA de provenance des civelles et la durée de stabulation (*Tableau 8*).

Les poids de civelles sont significativement différents entre les trois années avec des civelles plus légères en 2012 et plus lourdes en 2013 (*Figure 29*). Ils sont plus faibles pour les lots dont la pêche a été effectuée tardivement au sein de la saison de pêche, et lorsque la durée de stabulation a été longue (*Tableau 8*). Enfin, ils sont très significativement inférieurs pour les lots provenant des deux UGA les plus au Nord (AP et SN), comparativement aux autres UGA. Parmi ces derniers, le poids des civelles est significativement plus faible lorsqu'elles sont issues de l'UGA LCV, suivi par l'UGA GDC puis l'UGA BRE. Enfin, leur poids est très significativement supérieur lorsqu'elles sont issues de l'UGA ADR (*Figure 29*).

Tableau 8. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant le poids des civelles.

	Sens de la relation	Degré de liberté	p-value (test de Chi^2)		Déviance expliquée par chaque variable, individuellement (%)
Année	*cf. Figure 29a*	2	1.7 e-15	***	3.37
Période pêche	-	1	< 2.2 e-16	***	3.34
UGA	*cf. Figure 29b*	5	1.2 e-09	***	2.49
Stabulation	-	1	3.6 e-08	***	1.50

La somme de la dernière colonne ne donne par la déviance totale expliquée par le modèle car une certaine quantité de déviance est expliquée par l'association de plusieurs variables

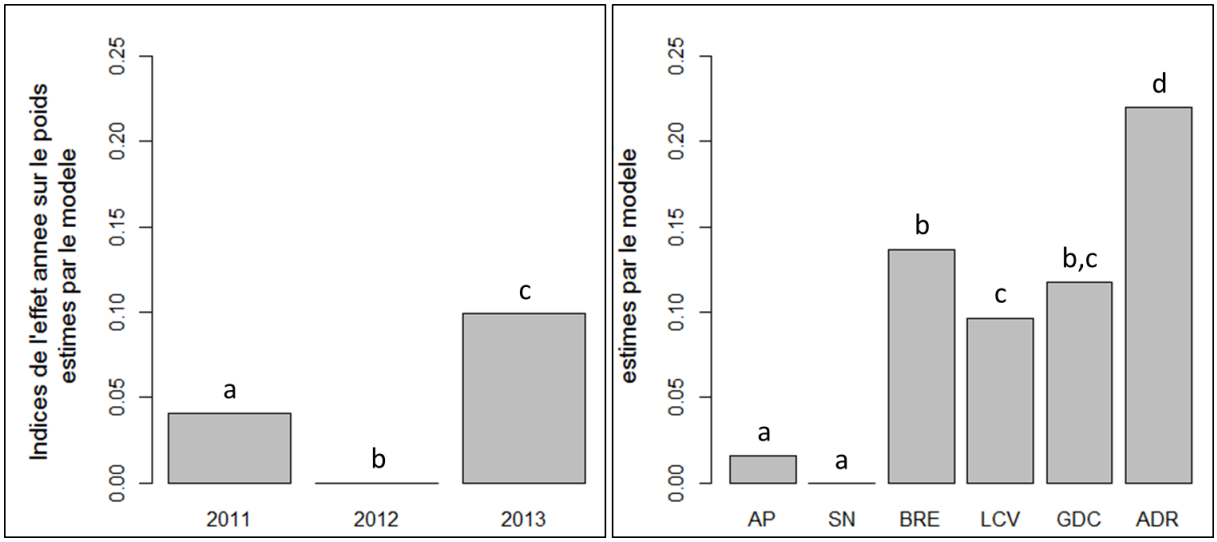

Figure 29 : estimations des effets de l'année et de l'origine des civelles sur le poids des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p < 0.05). Ces indices ne permettent pas de calculer directement le poids des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique.

INDICE DE CONDITION Wr

Trois modèles, expliquant 8.7 à 9.1 % de la déviance des données, ont été sélectionnés (*Tableau 6*). Trois variables sont présentes dans ces trois modèles (UGA, période de pêche et durée de stabulation), les deux autres sont présentes dans deux (stade pigmentaire) ou un seul modèle (année), suggérant une importance moindre dans l'explication de l'indice de condition comparativement aux trois autres variables. L'UGA explique majoritairement les différences d'indice de condition entre les lots, suivi par la période de pêche et la durée de stabulation (*Tableau 9*), puis, dans une moindre mesure, par le stade pigmentaire et enfin l'année.

Les indices de condition des civelles sont significativement plus faibles pour les lots issus de l'UGA AP, mais surtout de l'UGA SN, comparativement aux autres UGA (*Figure 30*). Ils sont également plus faibles pour les lots provenant de l'UGA LCV par rapport aux trois autres UGA (BRE, GDC et ADR). De même, la condition des civelles est plus mauvaise pour les lots dont la pêche a été effectuée tardivement au sein de la saison de pêche et lorsque la durée de stabulation a été longue (*Tableau 9*). Enfin, elle est également significativement inférieure aux stades avancés (supérieurs au stade VIA2) par rapport aux stades précoces (inférieurs à VIA2, *Figure 30*). L'année semble affecter très faiblement l'indice de condition des civelles, avec une tendance à une condition croissante entre 2011, 2012 et 2013.

Tableau 9. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant l'indice de condition Wr des civelles.

	Sens de la relation	Degré de liberté	p-value (test de Chi^2)		Déviance expliquée par chaque variable, individuellement (%)
UGA	*cf. Figure 30a*	5	9.6e-14	***	3.77
Période pêche	-	1	1.4e-10	***	2.21
Stabulation	-	1	0.00048	***	0.65
Stade pigmentaire	*cf. Figure 30b*	2	0.04	*	0.35
Année		2	0.34		0.12

La somme de la dernière colonne ne donne par la déviance totale expliquée par le modèle car une certaine quantité de déviance est expliquée par l'association de plusieurs variables

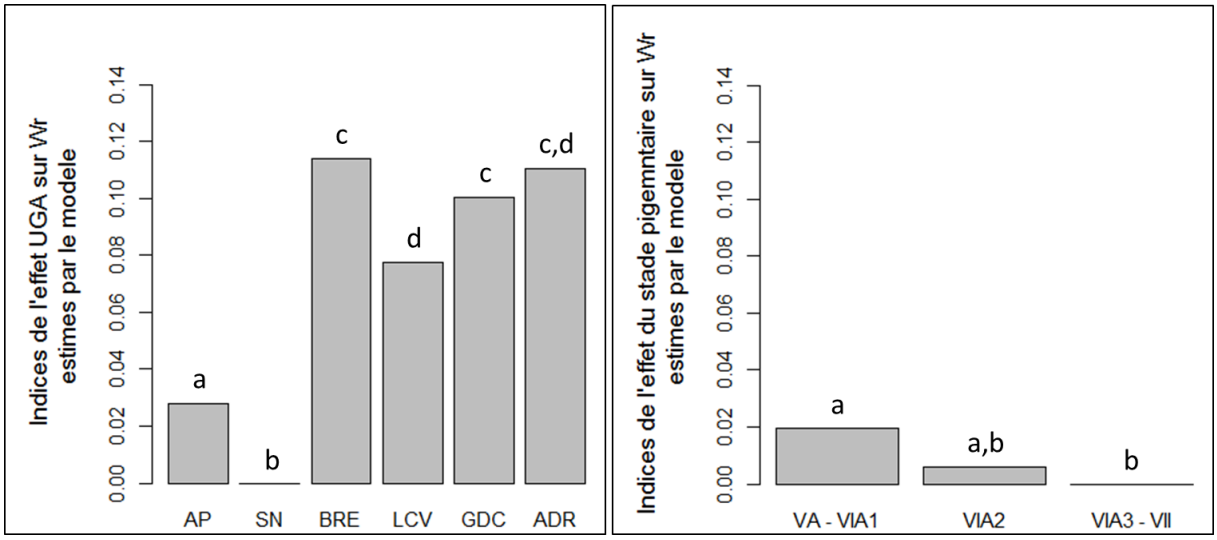

Figure 30 : estimations des effets de l'origine des civelles et de leur stade pigmentaire sur l'indice de condition des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p < 0.05). Ces indices ne permettent pas de calculer directement l'indice de condition des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique.

Ainsi, certains paramètres, non complètement indépendants (période de pêche précoce, temps de stabulation réduit, stade pigmentaires précoces) peuvent être pris en compte pour favoriser une bonne condition des civelles déversées, tout en sachant que cette condition dépend majoritairement de l'UGA (et à la marge, de l'année) qui ne peut être contrôlé lors des opérations de pêche et de mareyage, puisque les civelles doivent être déversées dans leur UGA de provenance.

Enfin, les *Figure 31 à 33* mettent en évidence la forte variabilité dans les tailles, les poids et les indices de condition des civelles entre les années, les UGA, les lots mais surtout au sein même des lots, expliquant les déviances expliquées par le modèle (toujours inférieures à 20 %). En effet, une seule des variables testées peut expliquer la variabilité intra-lot, les autres étant toujours à une échelle plus large. Ainsi, ces résultats suggèrent que d'autres facteurs, notamment une forte variabilité naturelle, sont à même d'intervenir sur la taille, le poids et l'indice de condition des civelles pêchées.

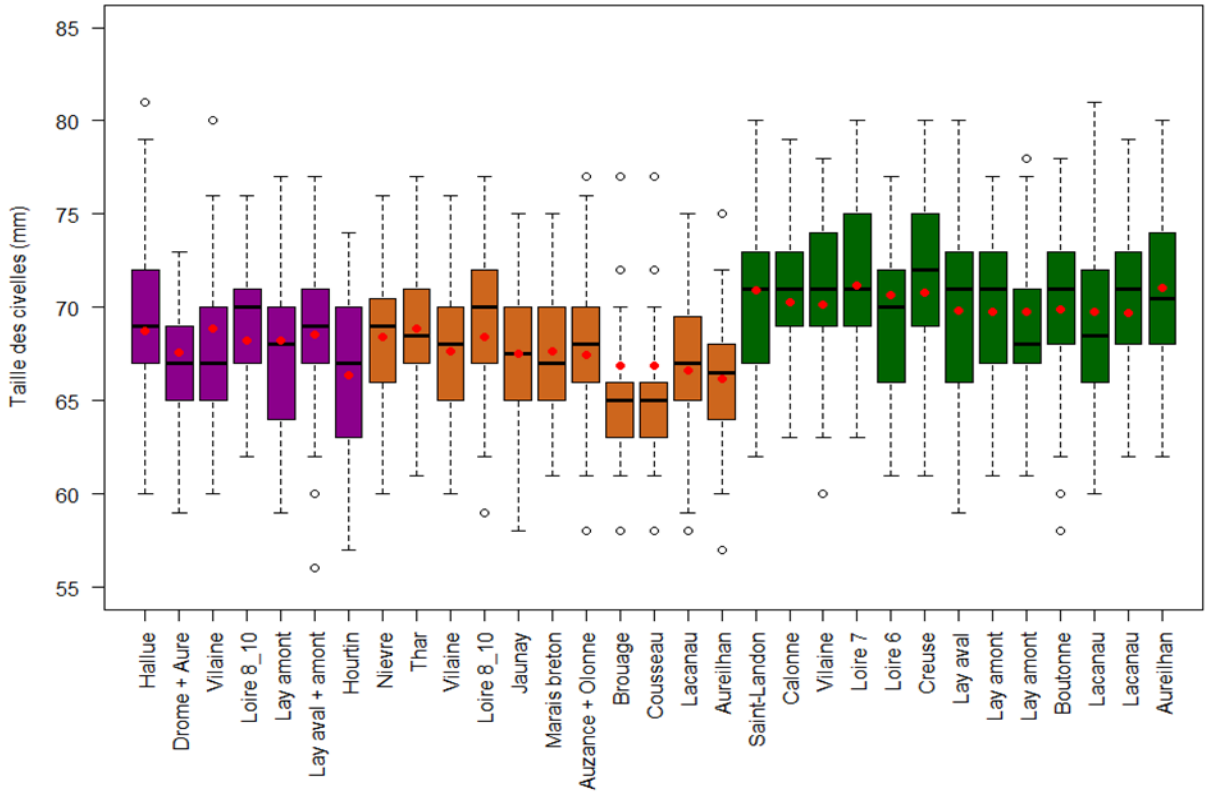

Figure 31 : répartition de la taille des 50 civelles des chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des tailles de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012.

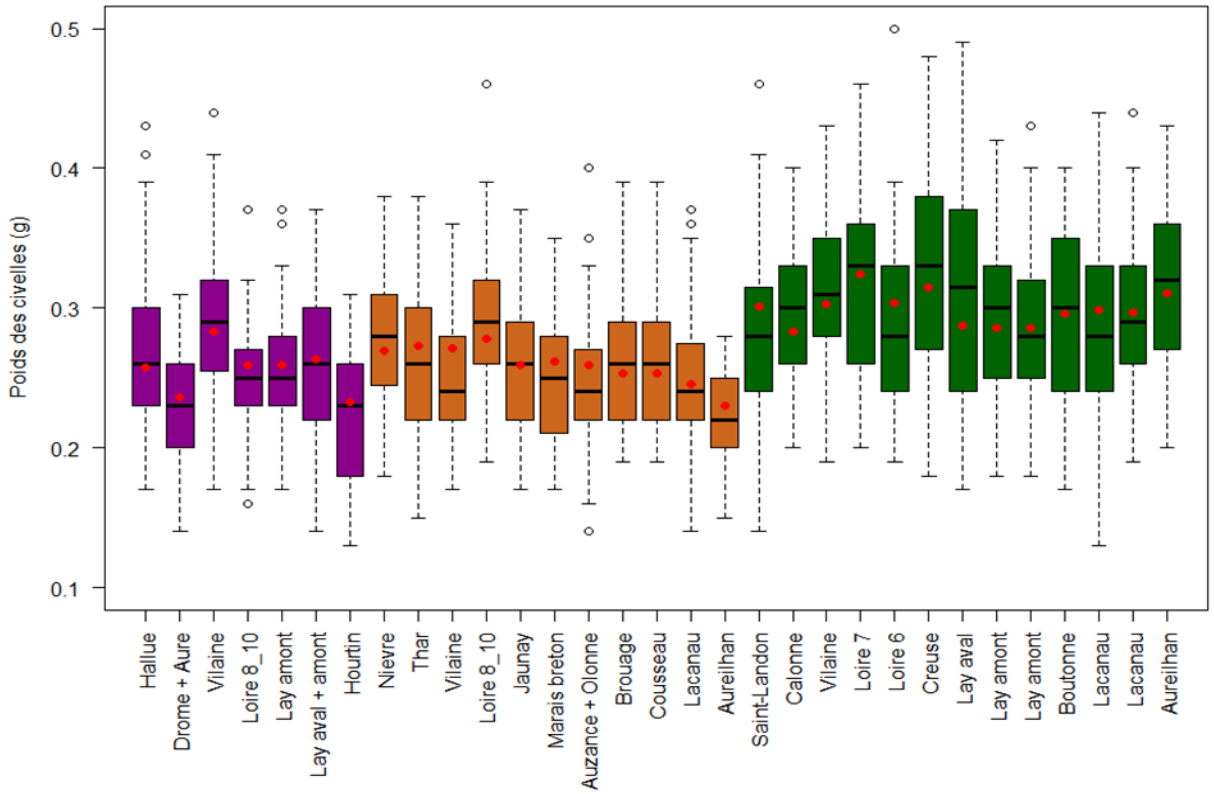

Figure 32 : répartition du poids des 50 civelles de chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des poids de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012.

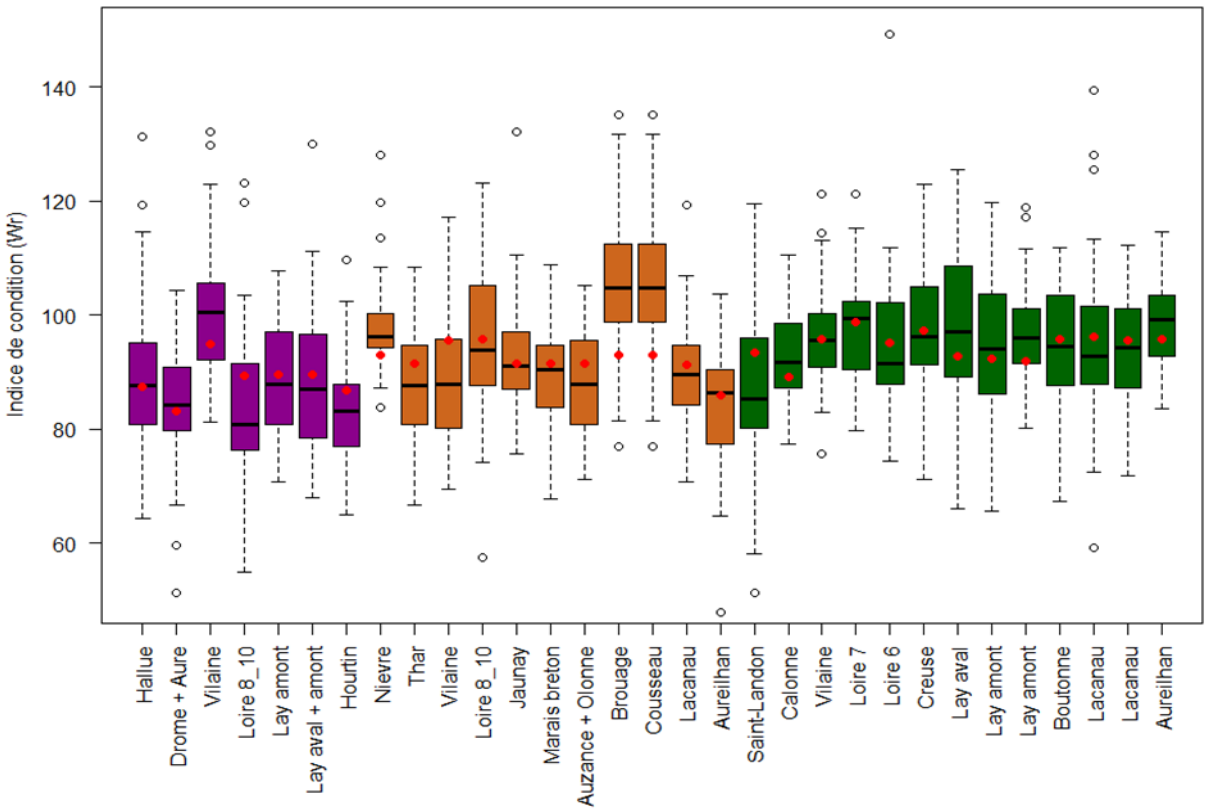

Figure 33 : répartition l'indice de condition des 50 civelles de chaque lot. Les points rouges correspondent à la moyenne des indices de condition de chaque lot, estimée par le modèle. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012.

LESIONS

Globalement, 89 % des 1702 civelles observées ne présentent aucune lésion (*Figure 34*). Ceci étant, trois lots se distinguent pas par leur pourcentage élevé d'individus lésés, à savoir deux lots de 2011 (Aure/Drôme et Vilaine) et un lot de 2013 (Vilaine). A l'inverse, certains lots sont remarquables par leur très faible pourcentage (voire absence) d'individus lésés notamment les trois lots d'Artois Picardie et les deux lots de l'Adour.

La majorité des individus lésés présentent des lésions à la queue (89%) et la plupart des lésions sont de faible intensité (92%). La lésion la plus fréquence est une faible lésion à la queue sans lésion sur le corps (60%) suivie par une faible lésion sur la queue et le corps (16%), puis une faible lésion sur le corps (11%). Les autres lésions sont très peu représentées (moins de 10 % des individus lésés).

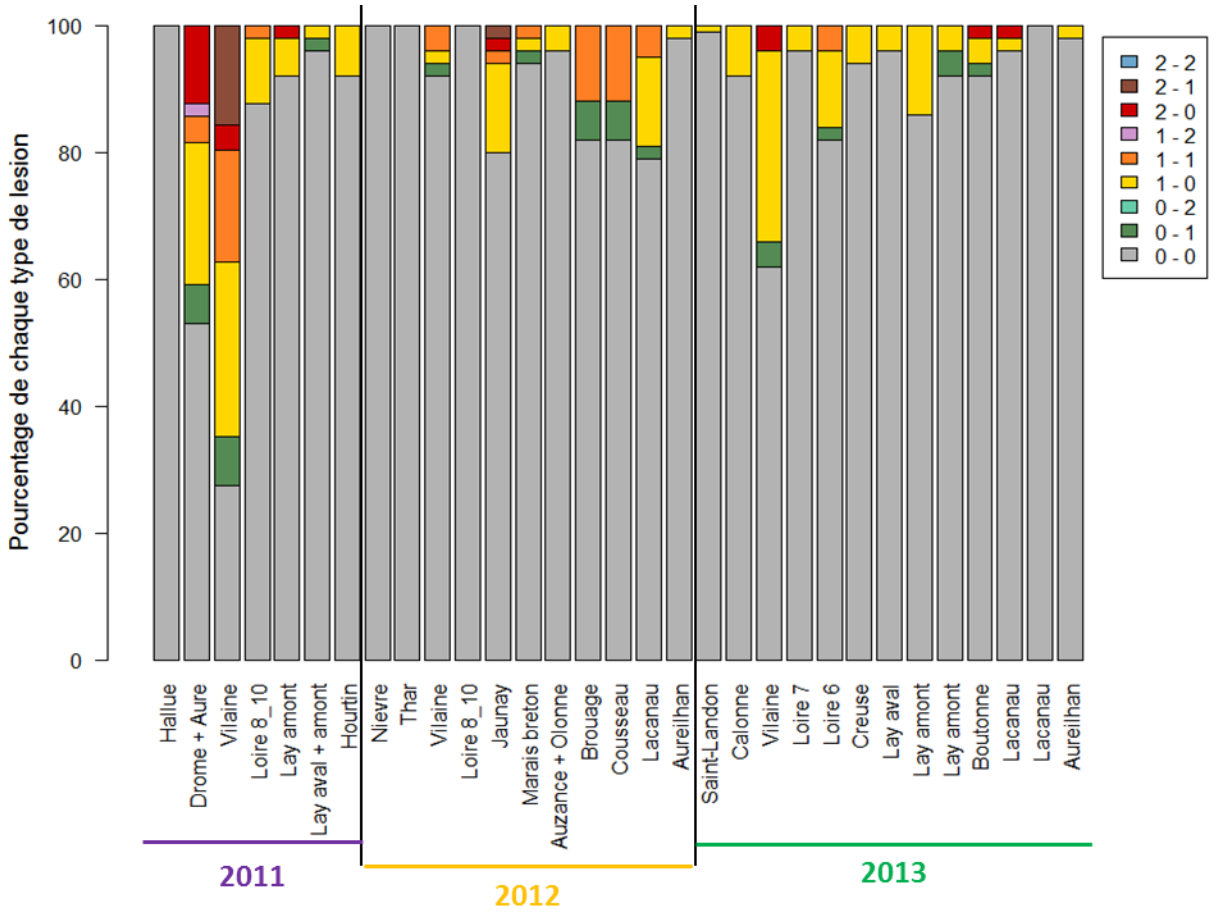

Figure 34 : pourcentage de civelles présentant les différents types de lésion au sein des différents lots. Les chiffres 0 à 2 représentent l'intensité des lésions avec 0 : absence de lésion ; 1 : lésion de faible intensité ; 2 : lésion de forte intensité. Le premier chiffre correspond aux lésions observées sur la queue, le second, à celles observées sur le corps. Le nombre de civelles observées est compris entre 49 et 51, à l'exception des trois lots de l'UGA Artois Picardie et du lot Lacanau 2012. Un unique lot a été constitué pour les projets Brouage et Cousseau 2012.

Pour construire le modèle binomial visant à identifier l'effet de diverses variables sur le risque de lésions (Tableau 5), la présence ou l'absence de lésions a été considérée pour chaque civelle, indépendamment de leur localisation et leur intensité. Trois modèles, expliquant 17.8 à 18.3 % de la déviance des données, ont été sélectionnés (*Tableau 6*). Le modèle au ΔAIC de 0 correspond au modèle le plus complet (4 variables). Deux variables sont présentes dans ces trois modèles (UGA et période de pêche), les deux autres sont présentes dans deux des modèles (année et Wr), suggérant une importance moindre dans l'explication de la présence de lésion comparativement aux deux autres variables. L'UGA explique très majoritairement la présence de lésions, suivi par la période de pêche, puis, dans une moindre mesure, par l'année et l'indice de condition.

Tableau 10. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant l'indice de condition Wr des civelles.

	Sens de la relation	Degré de liberté	p-value (test de Chi^2)		Déviance expliquée par chaque variable, individuellement (%)
UGA	*cf. Figure 35a*	5	< 2.2e-16	***	10.81
Période pêche	+	1	0.000059	***	1.38
Année	*cf. Figure 35b*	2	0.05		0.51
Wr	+	1	0.11		0.22

La somme de la dernière colonne ne donne par la déviance totale expliquée par le modèle car une certaine quantité de déviance est expliquée par l'association de plusieurs variables

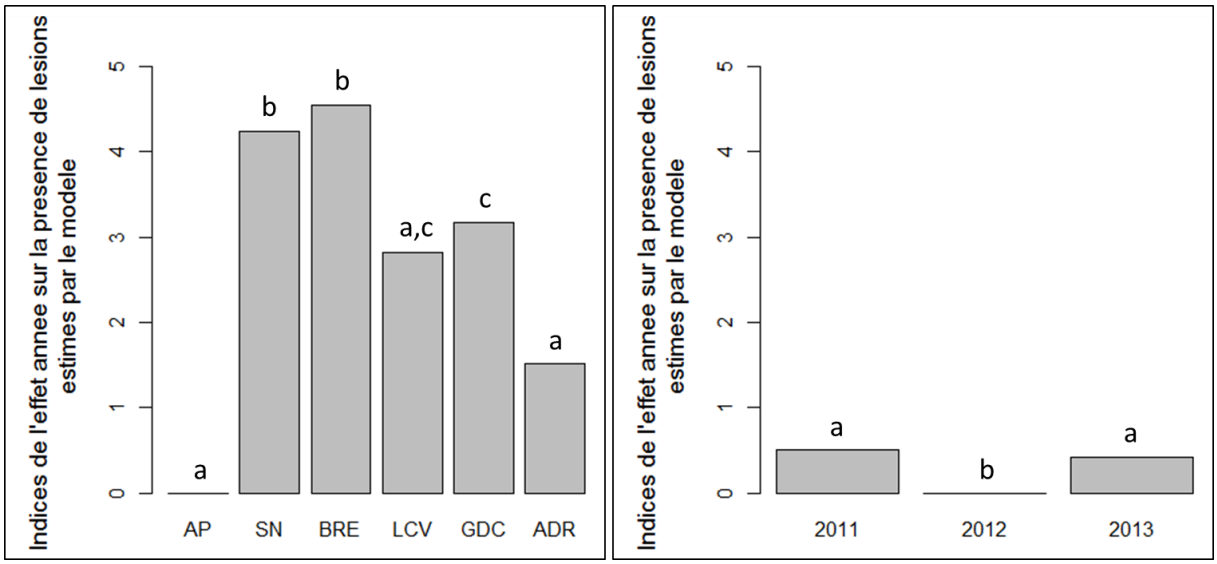

Figure 35 : estimations des effets de l'origine des civelles et de l'année sur la probabilité de lésion des civelles des lots déversés. Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p < 0.05). Ces indices ne permettent pas de calculer directement les risques de lésions des civelles car ils nécessitent une transformation logarithmique.

La probabilité qu'une civelle soit lésée est significativement plus élevée pour les lots issus des UGA SN et BRE, alors qu'elle est significativement plus faible pour les lots provenant des UGA AP et ADR (*Figure 35*). Les lots provenant des deux autres UGA (LCV et GDC) présentent des probabilités de lésions intermédiaires. Une période de pêche avancée augmente également significativement les risques de lésion. Les lésions sont également moins fréquentes en 2012 par rapport aux deux autres années (*Figure 35*), et lorsque les civelles sont en meilleure condition (*Tableau 10*).

De nouveau, il est attendu que d'autres facteurs soient à même d'intervenir sur les risques de lésion des civelles pêchées.

La majorité des paramètres (UGA, période de pêche, année) peuvent être pris en compte pour éviter les lésions des civelles déversées puisque, contrairement à la taille, le poids et la condition, les lésions sont très probablement dépendantes des méthodes de pêches pratiquées, qui diffèrent entre les UGA, et qui ont été améliorées après la première année de transfert.

Pathologies externes

Les pathologies externes des 1702 civelles ont été notées. En plus des lésions observées (érosions, hémorragies), cet examen a permis d'identifier 2 colorations ternes pâles et 23 maigreurs. Ces dernières concernent, en 2012, 12 % des civelles mesurées du Thar, 6 % de la Vilaine, 2 % de la Loire, 3 % de Lacanau, et en 2013, 2 % des civelles mesurées de la Creuse et 6 % de l'un des deux lots destinés à Lacanau.

c. Le marquage

Tous les marquages ont été réalisés à l'alizarine. Parmi les 6 768 kg de civelles déversées, 1 677 kg ont été marquées (25 %) : 71 kg sur 747 (10 %) en 2011 ; 713 kg sur 3 097 (23%) en 2012 ; 893 kg sur 2 924 (31 %) en 2013.

20 projets sur 28 (soit 21 lots sur 31) ont fait l'objet de marquage car les sites de déversement de ces lots n'étaient pas exempts d'anguilles (*Figure 36*). Ainsi, le marquage ne concerne aucun des projets de l'UGA AP mais tous ceux des UGA BRE, LCV et ADR. Concernant les autres UGA, certains projets ont fait l'objet de marquage, selon les sites de déversement et les années. On peut ainsi noter par exemple que le lac de Lacanau a fait l'objet de deux déversements, l'un ne contenant aucune civelle marquée (2012) contrairement au second (2013).

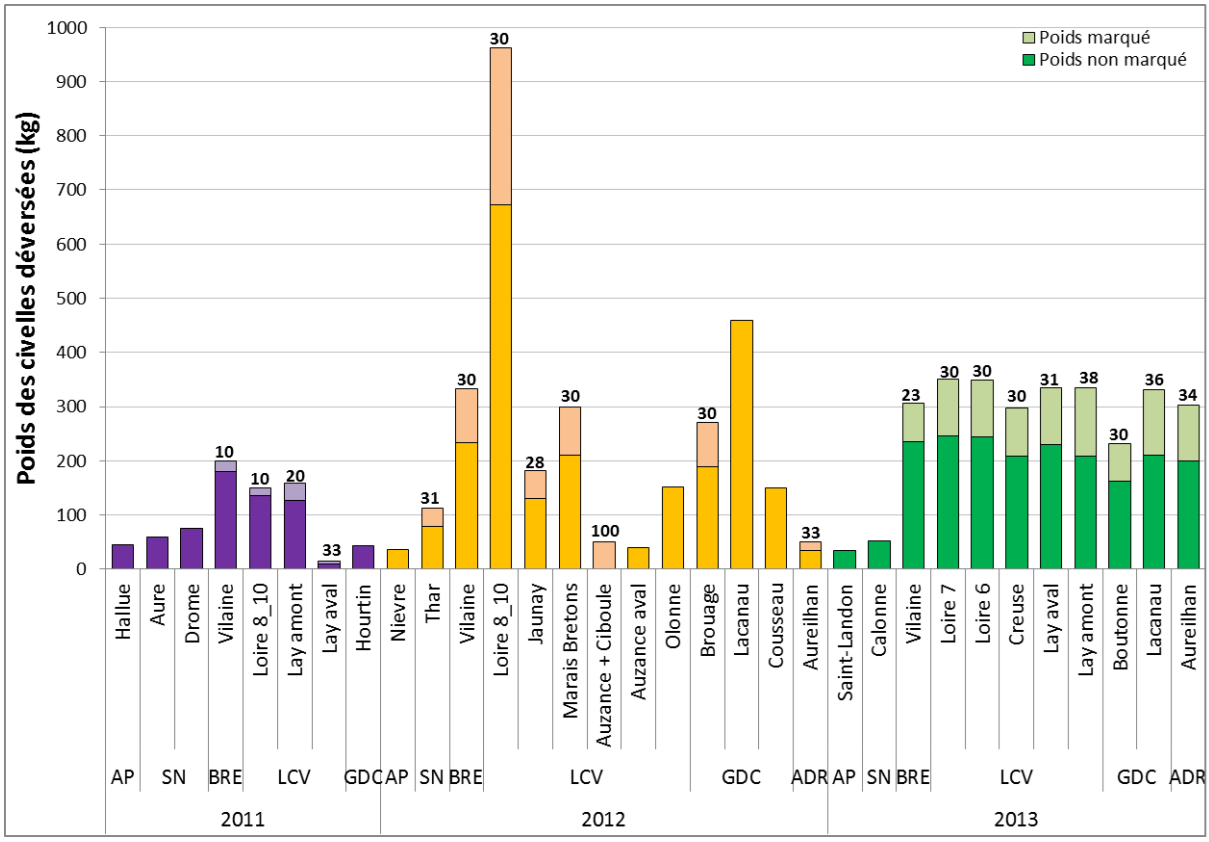

Figure 36 : quantité de civelles, marquées et non marquées, déversée sur chaque site et chaque année. Les nombres représentent le pourcentage de civelles marquées. En 2011, les projets Aure et Lay ont été dissociés en deux (Aure/Drôme, et Lay amont/Lay aval, respectivement). En 2012, le projet Auzance-Olonne a été dissocié en trois (Auzance+Ciboule/Auzance aval/Olonne).

Entre 2011 et 2013, le pourcentage d'individus marqués a évolué entre les années, en réponse à l'évolution de l'appel à projets. Mais ces taux varient également au sein d'une même année : entre 10 et 21 % des civelles pour les projets de 2011, entre 21 et 33 % pour ceux de 2012 et entre 23 et 38 % pour ceux de 2013. De plus, pour le projet Auzance-Olonne 2012, les 241 kg de civelles ont été déversés sur trois sites (*Figure 36*) : 151 kg de civelles non marquées sur Olonne, 40 kg de civelles non marquées sur la partie aval de l'Auzance, et **50 kg de civelles marquées** sur l'Auzance et la Ciboule, au niveau de leur confluence. Ainsi, le taux de marquage pour ce dernier site est de 100 %.

Enfin, pour les projets ayant fait l'objet de deux lots, des civelles des deux lots ont été marquées uniquement pour le projet Lay 2011. Pour les deux autres projets (Lacanau 2012 et Lay amont 2013), un seul des lots est concerné par le marquage.

EN RESUME

Il existe une variabilité importante des périodes et temps de pêche ainsi que des temps de stockage des civelles. De même, il existe une variabilité importante concernant la qualité des civelles déversées (stade pigmentaire, taille, poids, indice de condition, lésions) mais cette variabilité dépend en partie des conditions de pêche et de stockage, ainsi que de l'année et de l'UGA d'origine.

Ainsi, une pêche précoce et un temps de stabulation réduit peuvent en partie favoriser la condition des civelles déversées et réduire les risques de lésions, ces risques étant également dépendants des méthodes de pêche pratiquées dans les différentes UGA.

4. La phase de déversement

1. Test de mortalité

Le jour du déversement, une expérimentation est menée afin de comparer la survie à court terme des civelles de chaque lot. 50 civelles sont placées dans des enceintes installées sur les sites de déversement et dans des aquariums (*Figure 37 Tableau 11*). Pour les lots concernés par le marquage, ces deux expérimentations sont testées avec des civelles non marquées d'une part et avec des civelles marquées d'autre part. Ainsi, quatre conditions expérimentales sont testées à l'aide de triplicats (*Tableau 11*) dans un laps de temps de 15 jours, à l'exception de l'Hallue et de la Nièvre. On peut noter qu'aucune expérimentation en laboratoire n'a été réalisée pour les lots de l'UGA AP et que certaines enceintes placées sur le site de déversement n'ont pas été retrouvées au bout des 15 jours.

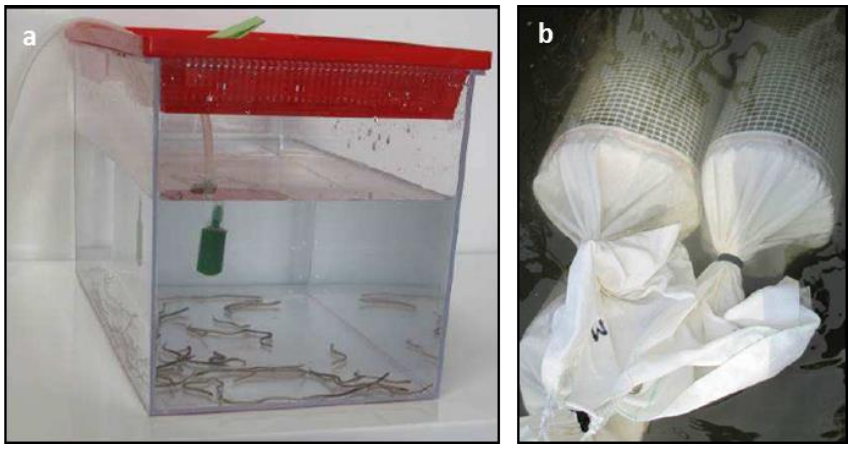

Figure 37 : dispositifs expérimentaux du test de mortalité : les civelles sont placées durant 15 jours dans des aquariums (gauche) ou dans des enceintes, installées sur le site de déversement. Photos prises par Fish-Pass.

Le *Tableau 11* met en évidence la variabilité des pourcentages de survie entre les lots (de 37 % à 100 % en moyenne en laboratoire pour les civelles non marquées). Elle varie également entre des lots de la même origine (en moyenne 97 % et 37% pour la même condition expérimentale pour Vilaine 2012 et 2013, respectivement) mais également entre les diverses conditions expérimentales d'un même lot. En particulier, le projet Jaunay 2012 donne des résultats très disparates : 93 % de survie en laboratoire contre 2% (civelles non marquées) et 33 % (civelles marquées) *in situ*.

Tableau 11. Résumé des résultats des tests de mortalité effectués sur chacun des lots et pour chaque condition expérimentale.

Année	Projet	Lot	Nombre jours d'expérimentation	LABORATOIRE				IN SITU			
				NON MARQUES		MARQUES		NON MARQUES		MARQUES	
				survie moyenne (%)	nombre réplicats	survie moyenne (%)	nombre réplicats	survie moyenne (%)	nombre réplicats	survie moyenne (%)	nombre réplicats
2011	*Hallue*	*1*	*13*	-	-	-	-	*71*	*3*	-	-
	Aure	2	15	44	3	-	-	56	3	-	-
	Vilaine	3	15	45	3	87	3	85	3	75	3
	Loire 8_10	4	15	85	3	59	3	70	3	52	3
	Lay	5	15	79	3	63	3	65	3	49	3
		6	15	87	3	71	3	75	3	69	3
	Hourtin	7	15	62	3	-	-	79	3	-	-
2012	*Nievre*	*8*	*10*	-	-	-	-	*83*	*3*	-	-
	Thar	9	15	88	3	95	3	89	3	92	3
	Vilaine	10	15	97	3	95	3	94	3	95	3
	Loire 8_10	11	15	92	3	57	3	84	3	81	3
	Jaunay	12	15	93	3	93	3	2	3	33	3
	Auzance Olonne	14	15	85	3	83	3	87	6	83	3
	Marais_Breton	13	15	97	3	85	3	95	3	94	3
	Brouage	15	15	98	3	99	3	99	3	95	3
	Cousseau	17	15	99	3	-	-	95	3	-	-
	Lacanau	16	15	99	6	-	-	78	3	-	-
	Aureilhan	18	15	94	3	96	3	90	2	87	3
2013	Saint-Landon	19	15	-	-	-	-	94	3	-	-
	Calonne	20	15	98	3	-	-	82	3	-	-
	Vilaine	21	15	37	3	18	3	87	3	61	3
	Loire_7	22	15	93	3	90	3	90	3	82	3
	Loire_6	23	15	89	3	87	3	87	3	71	3
	Creuse	24	15	94	3	92	3	84	3	85	3
	Lay_aval	25	15	100	3	99	3	85	2	92	3
	Lay_amont	26	15	99	3	99	3	96	3	98	3
		27	15	99	3	-	-	99	3	-	-
	Boutonne	28	15	91	3	85	3	98	3	81	3
	Lacanau	29	15	100	3	-	-	85	3	-	-
		30	15	85	3	93	3	96	3	99	3
	Aureilhan	31	15	99	3	99	3	94	1	93	2

Les tirets correspondent à des expérimentations non menées.

Les expérimentations qui ont duré moins de 15 jours sont mis en évidence par une police en italique.

Un modèle bayésien a été construit afin d'expliquer les différences de taux de survie des civelles entre les lots selon diverses variables. Ce modèle bayésien permet de considérer le fait que, pour un lot donné, la survie des civelles dans les différentes conditions expérimentales n'est pas indépendante, puisque ces civelles proviennent du même lot et présentent donc des caractéristiques communes. De même, il permet de prendre en compte le fait que, pour une condition expérimentale donnée, la survie des réplicats n'est également pas indépendante puisque les civelles testées sont soumises aux mêmes conditions.

ANNEE

	2011 – 2012 – 2013

LOT

Pêche	P : Période de pêche	%
Stabulation	V : Vivier	7
	T : Temps de stabulation	jours
Qualité	W : Indice de condition	
	S : Stade pigmentaire	%
	L : Lesion	%

EXPERIMENTATION

Marquage	M : FAUX / VRAI
Lieu	B : Laboratoire / In situ

TRIPLICAT

	N : Nombre initial de civelles
	V : Nombre de civelles vivantes au bout des 15 jours

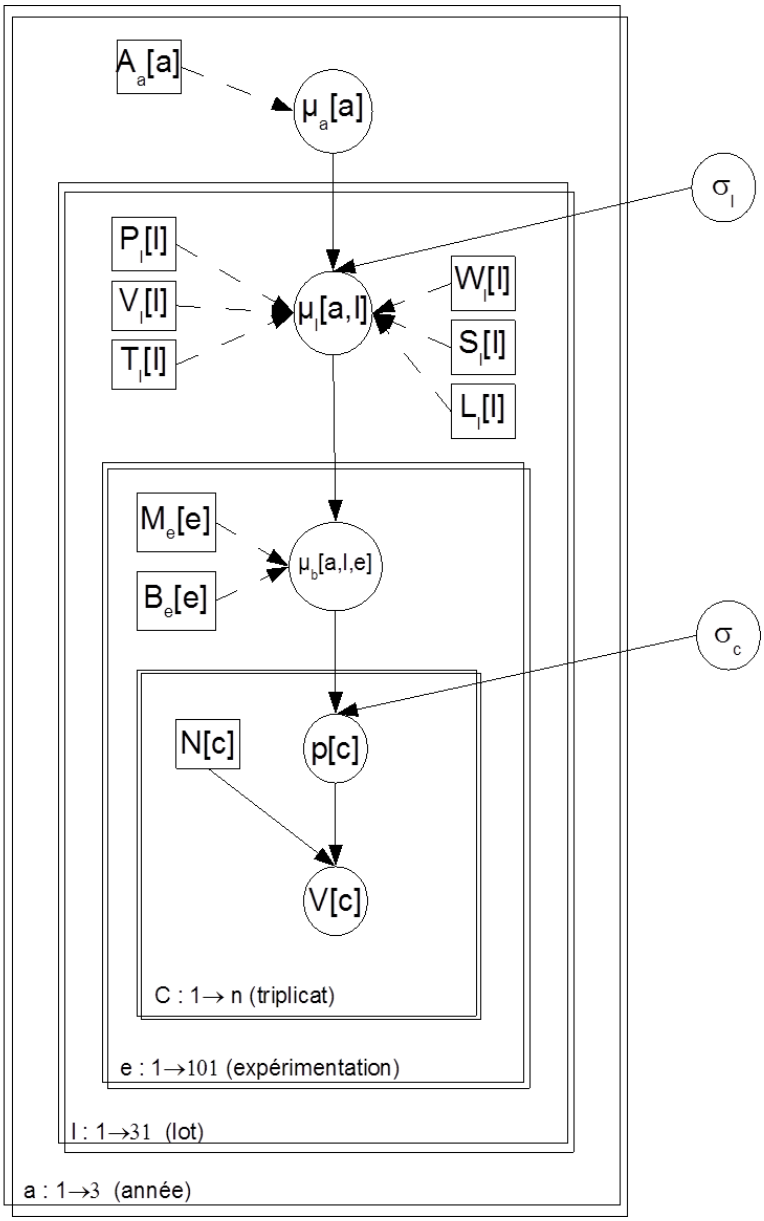

Figure 38 : description du modèle bayésien visant à expliquer les taux de survie des civelles à l'aide de diverses variables (voir Annexe 1 pour les détails)

La *Figure 38* schématise le modèle bayésien construit (voir *Annexe 1* pour les détails du modèle). Trois échelles sont ainsi testées : l'année, le lot et l'expérimentation. A l'échelle du lot, la pêche et la stabulation sont prises en compte *via* la période de pêche, le vivier de stockage et le nombre de jours de stabulation. La qualité du lot est également considérée mais, contrairement au taux de survie, ces variables sont renseignées à l'échelle de la civelle et doivent être compilées. L'indice de condition

moyen et la proportion de civelles lésées ont donc été calculés pour chaque lot. Pour ce qui est du stade pigmentaire, le pourcentage de chacune des trois catégories de stades précédemment utilisées (< VIA2, VIA2 et > VIA2) a également été calculé par lot. Deux variables ont été considérées à l'échelle de l'expérimentation : le lieu (laboratoire/*in situ*) et le marquage (*présence/absence*).

Un premier modèle a révélé que la période de pêche et le temps maximum de stockage étaient peu informatifs pour expliquer le taux de survie ($p \sim 0.5$), contrairement aux autres variables ($p < 0.15$). Un second modèle simplifié a donc été élaboré en retirant ces variables.

Ce deuxième modèle met en évidence un effet significatif de toutes les autres variables explicatives testées ($p < 0.05$, *Figure 38*) ou une tendance ($p < 0.10$) sur les taux de survie. A l'échelle de l'année (*Figure 39*), les lots de 2011 ont une probabilité de survie significativement plus faible par rapport aux lots de 2012 ($p = 0.04$) et tendent également à avoir une probabilité de survie plus faible par rapport aux lots de 2013 ($p = 0.06$). En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les années 2012 et 2013 ($p = 0.54$).

A l'échelle du lot, la probabilité de survie dépend de l'indice de condition, du pourcentage de lésions des civelles, de leur stade pigmentaire et du vivier de mareyage. Elle est significativement plus faible lorsque l'indice de condition est bas ($p = 0.007$) et tend à être plus faible lorsque le pourcentage de lésions du lot est élevé ($p = 0.07$). Elle est affectée par un pourcentage élevé de civelles de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 par rapport à un pourcentage élevé de civelles du stade VIA2 ($p = 0.04$) voire à un pourcentage élevé de civelles de stades inférieurs à VIA2 ($p = 0.06$) (*Figure 39*). Concernant les viviers de mareyage, une différence Nord-Sud est observable, à l'exception du vivier G qui se rapproche des taux de survie des viviers du Nord. Ainsi, quatre groupes se distinguent (*Figure 39*). Tout d'abord, les deux viviers les plus fréquemment sollicités (A et C) conduisent à des survies particulièrement faibles, significativement différentes des survies élevées des viviers D, E et F ($0.01 < p < 0.05$). En particulier, le vivier D se distingue par une survie bien supérieure et significativement différente de celle des viviers B et G, dont la survie est intermédiaire entre celle des viviers du nord (A et C) et celle des viviers du Sud (E et F). Cependant, les résultats concernant les viviers de mareyage sont à prendre avec précaution dans la mesure où le choix du vivier de stockage est intimement lié l'origine des civelles. De plus, tous ces viviers n'ont pas été sollicités les mêmes années, et le même nombre de fois. Ainsi, l'effet vivier est donc probablement entremêlé avec un effet origine géographique des civelles mais peut-être également avec l'effet année.

A l'échelle de l'expérimentation, la probabilité de survie est supérieure lorsque les individus ne sont pas marqués. Elle est également supérieure pour les expérimentations en laboratoire par rapport à celles effectuées *in situ* (*Figure 39*). Ces résultats sont en accord avec la suspicion d'un effet néfaste du marquage et avec l'intérêt de mettre en place des conditions expérimentales en milieu contrôlé (aquariums) afin de pouvoir comparer la qualité des lots des différents projets, indépendamment des sites de déversement.

La *Figure 40* représente les probabilités de survie estimées par le modèle, toutes conditions expérimentales confondues. Elles sont effectivement plus faibles en 2011 par rapport aux années 2012 et 2013. Au sein de chaque année, un lot présente une probabilité de survie inférieure aux autres, à savoir l'Aure en 2011, Jaunay en 2012 et la Vilaine en 2013. Mais une certaine variabilité est également visible au sein de chaque année. En 2011, tous les lots présentent une variabilité intra-lot plus importante que celle observée dans les années suivantes hormis pour Jaunay 2012 et Vilaine

2013. Pour les années 2012 et 2013, les lots issus des UGA du Sud (GDC et ADR) présentent des probabilités de survie supérieures aux lots des autres UGA plus nordiques.

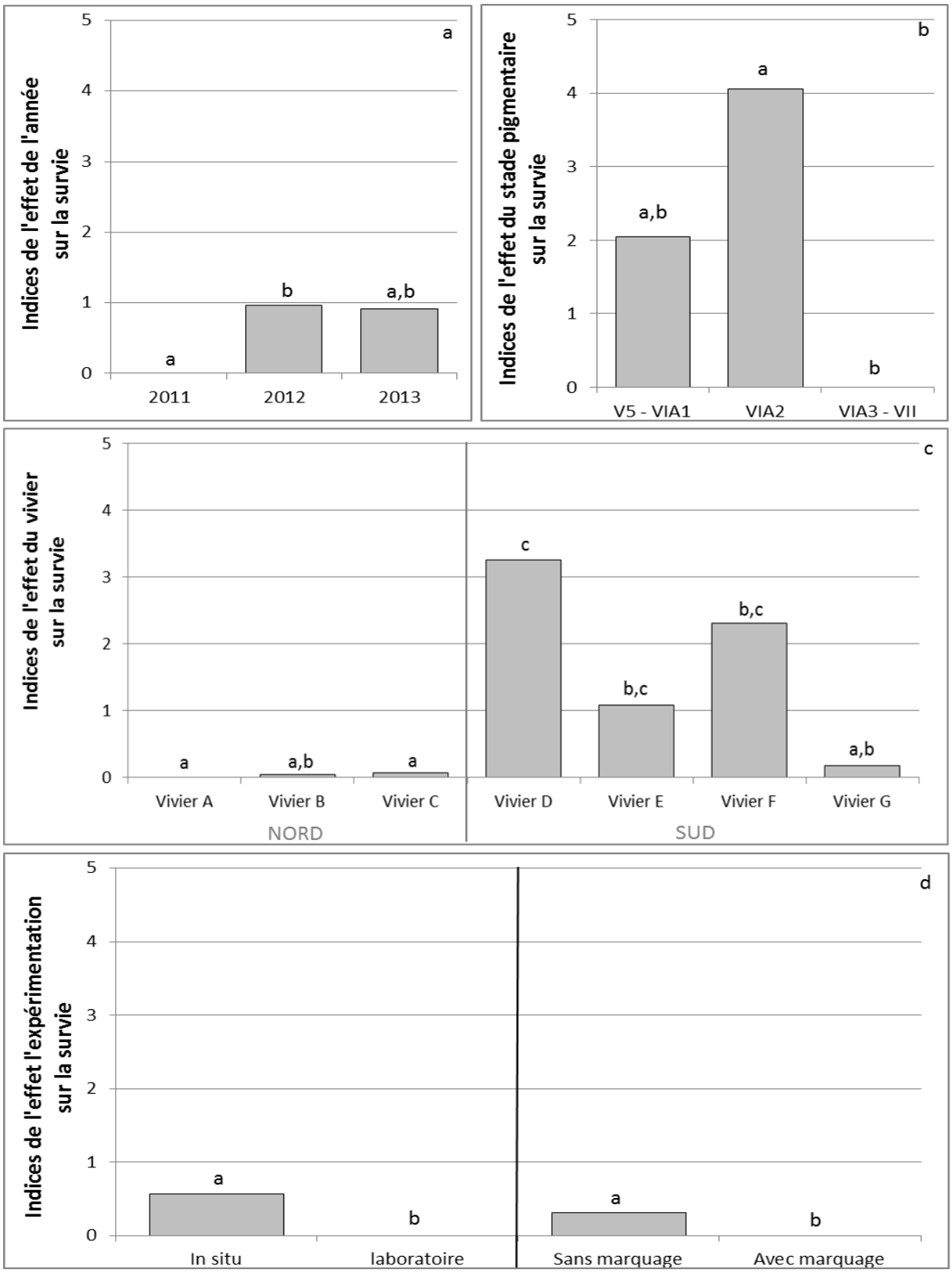

Figure 39 : estimations des effets de l'année (a), de stade pigmentaire (b), du vivier de mareyage (c), du lieu d'expérimentation et du marquage (d) sur la probabilité de survie des civelles des lots déversés, selon le modèle bayésien. Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0.05$). Ces indices nécessitent une transformation logarithmique pour calculer les risques de lésions des civelles.

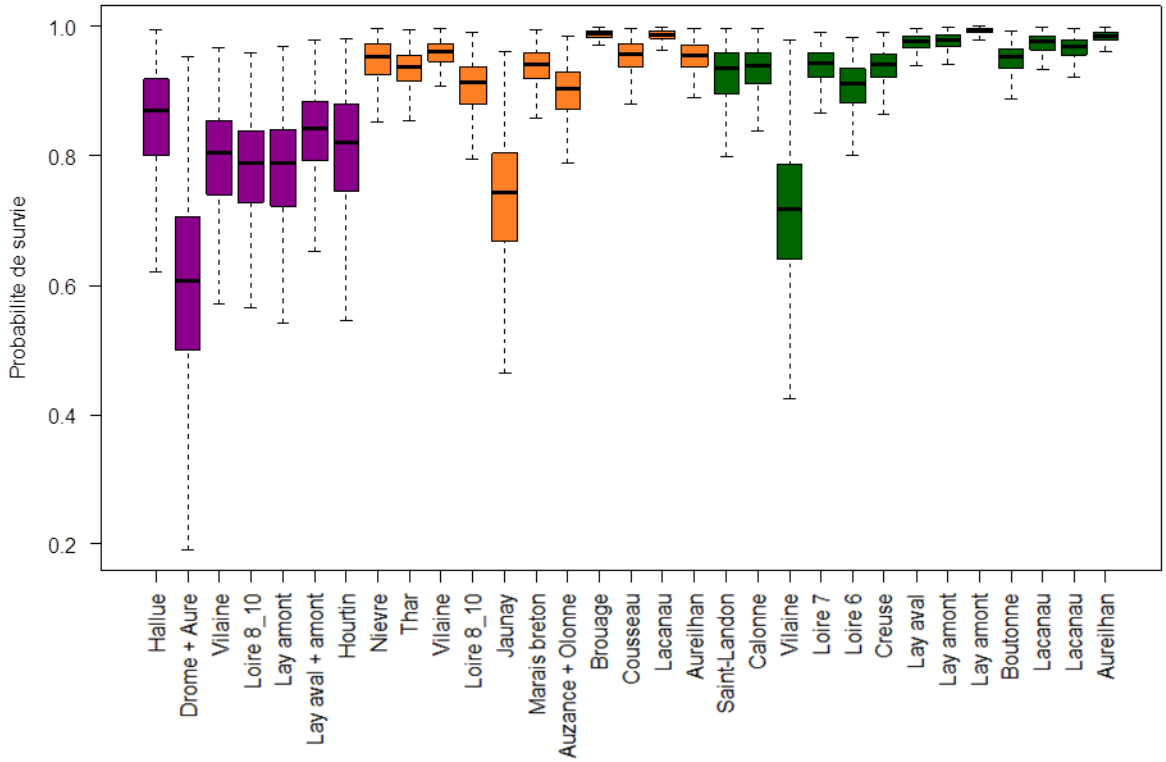

Figure 40 : distribution de la probabilité de survie à court-terme des civelles de chaque lot, estimée par le modèle, sans distinction de la condition expérimentale (laboratoire, in situ, avec et sans marquage).

Pour déterminer l'intensité des effets respectifs de chaque variable sur le taux de survie, un modèle prédictif a été ajouté au modèle bayésien (*Annexe 1c,d*), permettant de prédire, à partir des données brutes, un taux de survie pour chaque lot en laboratoire au bout de 15 jours, pour des civelles non marquées d'une part, et pour des civelles marquées d'autre part. L'objectif de ces prédictions est d'établir des seuils, pour chaque variable, en-dessous desquels les conséquences sur la survie semblent importantes, et qui serviraient de base pour les recommandations futures. Ainsi, pour établir ces prédictions, seule l'expérimentation en laboratoire est retenue puisqu'elle permet d'inclure l'effet des différentes variables sans considérer l'effet site, qui n'est pas lié à la qualité du lot déversé, et qu'il est difficile de caractériser avec les données disponibles. *Via* ces prédictions, une qualité de lot « référence » va alors être utilisée pour comparer les effets de chacune des 6 variables :

- l'effet année. L'année la moins propice (2011) est comparée à l'année la plus propice (2012). Mais pour la comparaison avec l'effet des autres variables, l'année 2012 est retenue, puisque l'année 2011 constitue l'année du démarrage des transferts, et donc peut difficilement être considérée comme une année « référence »
- l'effet vivier. Afin de dissocier un éventuel effet année ou UGA, deux viviers particuliers sont comparés selon leur effet sur les taux de survie prédits par le modèle, mais également selon le nombre de projets pour lesquels ils ont été sollicités le vivier A (taux de survie prédit inférieur, impliqué dans 11 projets de 3 années) et le vivier E (taux de survie prédit supérieur, impliqué dans 6 projets de 2 années)(*Figure 24*). Pour la comparaison avec l'effet des autres variables, le vivier du Nord est sélectionné en « référence » puisque l'effet vivier est probablement en partie lié à l'UGA.

- l'effet lésion. Six valeurs de pourcentage de civelles lésées allant de 0 à 25 % sont comparées puisque seuls trois lots sur les 30 présentent des proportions supérieures (*Figure 34*). Pour la comparaison avec l'effet des autres variables, l'absence de lésions est retenue en « référence ».
- l'effet condition moyenne des civelles. Quatre valeurs d'indices moyens, définies selon la variabilité rencontrée dans les lots (*Figure 33*), sont comparées : 80, 90, 100 et 110. Pour la comparaison avec l'effet des autres variables, l'indice de condition « référence » retenu est de 100.
- l'effet stade pigmentaire. Six valeurs de proportion de stades pigmentaires supérieurs à VIA2, allant de 0 à 50 % sont comparées puisque seuls 3 lots sur les 30 présentent des proportions supérieures (*Figure 26*). Les 50 à 100 % d'individus différents de ces stades sont considérés comme étant pour moitié des civelles de stades inférieurs à VIA2 et pour moitié des civelles de stade VIA2. Pour la comparaison avec l'effet des autres variables, un pourcentage de 0 % de stades supérieures à VIA2 est retenu en « référence ».
- enfin, l'effet marquage ne concerne pas tous les projets / toutes les UGA. Par conséquent, la survie sera comparée, pour chaque autre effet, avec et sans marquage.

Ainsi, la qualité de lot « référence » considère des civelles : de l'année 2012, stockées dans un vivier du Nord de la France, non lésées, d'indice de condition moyen de 100 et de stades pigmentaires inférieurs au stade VIA2.

Via ces prédictions, les effets des diverses variables sont discutés ci-dessous mais il est important de garder en mémoire le fait qu'il est difficile de dissocier les effets de chaque variable individuellement puisqu'elles peuvent soit être liées entre elles, soit être liées à une variable commune.

Effet marquage et année (Figure 41a)

L'effet marquage est plus faible que l'effet année puisque les différences dans l'allure des boxplots entre civelles non marquées et civelles marquées sont plus faibles que celles observées entre l'année 2011 et l'année 2012. La probabilité de survie estimée est en moyenne plus élevée et moins variable lorsque les civelles sont marquées pour l'année 2012 que lorsque les civelles ne sont pas marquées pour l'année 2011.

Effet marquage et viviers (Figure 41b)

L'effet marquage est plus faible que l'effet vivier puisque les différences dans l'allure des boxplots entre civelles non marquées et civelles marquées sont plus faibles que celles observées entre le vivier A (Nord) et le vivier E (Sud). La probabilité de survie estimée est en moyenne plus élevée et moins variable lorsque les civelles sont marquées et stockées dans le vivier E que lorsque les civelles ne sont pas marquées mais sont stockées dans le vivier A. Cependant, comme souligné précédemment, il est possible que cet effet vivier soit un effet origine des civelles et/ou méthode de pêche plus qu'un effet vivier.

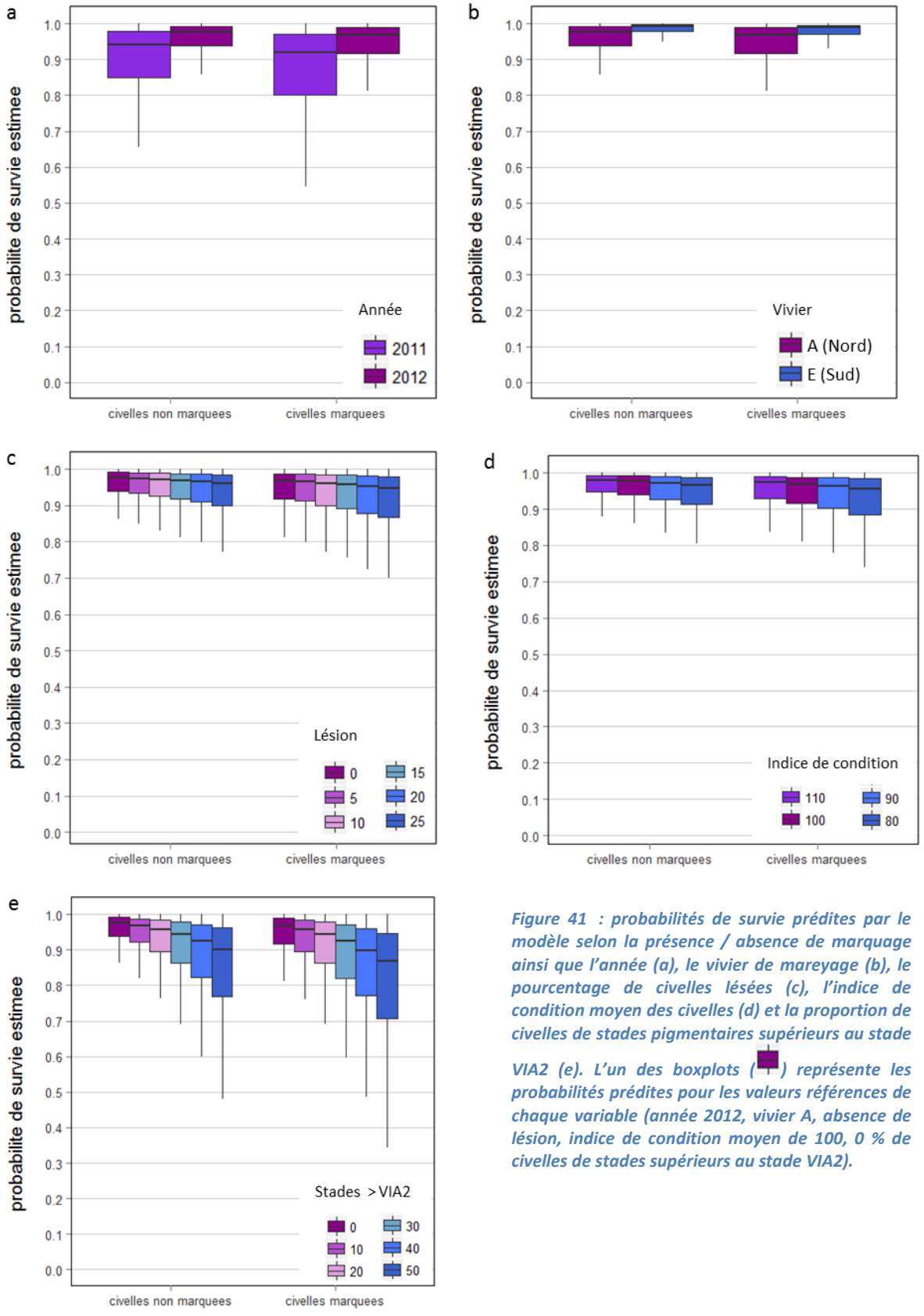

Figure 41 : probabilités de survie prédites par le modèle selon la présence / absence de marquage ainsi que l'année (a), le vivier de mareyage (b), le pourcentage de civelles lésées (c), l'indice de condition moyen des civelles (d) et la proportion de civelles de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 (e). L'un des boxplots ( ) représente les probabilités prédites pour les valeurs références de chaque variable (année 2012, vivier A, absence de lésion, indice de condition moyen de 100, 0 % de civelles de stades supérieurs au stade VIA2).

Effet marquage et lésions (Figure 41c)

L'incidence des lésions sur la probabilité de survie est très progressive, tant en termes de valeur moyenne, qu'en terme de variabilité. Cette diminution très progressive peut être due à un manque de variabilité dans les données brutes, puisque seules 11 % de toutes les civelles étudiées sont lésées.

25 % de civelles lésées conduit à diminuer la probabilité de survie moyenne d'une valeur de 2 %, en l'absence de marquage. La probabilité de survie estimée de civelles non lésées mais marquées est équivalente à celle de civelles non marquées, lésées à 15 %.

Effet marquage et indice de condition (Figure 41d)

L'incidence de l'indice de condition sur la probabilité de survie est de nouveau progressive, tant en termes de valeur moyenne, qu'en terme de variabilité.

Un indice de condition moyen de 80 des 50 civelles mesurées et pesées conduit à diminuer la probabilité de survie moyenne d'une valeur de 2 %, en l'absence de marquage. La probabilité de survie estimée de civelles de la condition référence (100) mais marquées est équivalente à celle de civelles non marquées, mais d'une condition faible (80).

Effet marquage et stade pigmentaire (Figure 41e)

L'incidence du stade pigmentaire sur la probabilité de survie est plus marqué que pour les lésions et l'indice de condition, tant en termes de valeur moyenne, qu'en terme de variabilité.

Une proportion de 50 % de civelles de stades supérieurs au stade VIA2 conduit à diminuer la probabilité de survie moyenne d'une valeur supérieure à 5 %, en l'absence de marquage. La probabilité de survie estimée de civelles de stades inférieurs ou égaux à VIA2 mais marquées est équivalente à celle de civelles non marquées, mais d'une proportion de stades pigmentaires supérieurs à VIA2 comprise entre 10 et 20 %.

Bilans des effets

Les effets années et viviers sont particulièrement marqués, mais sont en partie indépendants des opérations de pêche et de stockage de civelles (incidence de l'effet UGA sur les viviers par exemple).

Les effets lésions, indice de condition et marquage sont beaucoup plus modérés. En revanche, la proportion de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 semble être particulièrement impactant sur la probabilité de survie estimée. Ce facteur est justement très dépendant de la période de pêche et des conditions de stockage des civelles et peut donc être aisément amélioré.

Ces résultats peuvent conduire à établir des seuils pour chaque critère pouvant être amélioré, à savoir le pourcentage de lésions et le stade pigmentaire. Afin de standardiser ces seuils entre les UGA, les probabilités de survie doivent être étudiées lorsque les civelles sont marquées. Une manière d'établir ces seuils est de considérer une probabilité de 75 % que la survie soit supérieure à 90 % (qui signifie graphiquement que le premier quartile ne doit pas être en dessous de 0.9), dans les conditions jugées comme « référence ». Ainsi, le pourcentage de civelles lésées ne doit pas dépasser 10 % **ou** la proportion de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 ne doit pas dépasser 10 %.

Aucun seuil ne peut être attribué pour l'année, ni pour l'indice de condition, puisque ce dernier est calculé à partir de la taille et du poids des individus des échantillons. Il serait également judicieux de s'intéresser davantage à un éventuel effet vivier et aux variables conduisant à cet effet (UGA, température de stockage, origine de l'eau de stockage…).

EN RESUME

L'expérimentation en laboratoire de la survie à court-terme des civelles marquées et non marquées dépend de diverses variables (*Figure 42*). Les principaux effets détectés par le modèle sont l'année, le vivier de mareyage et le stade pigmentaire mais des études supplémentaires seraient nécessaires pour comprendre l'effet de ces variables, indépendamment des autres.

Cette survie est également inférieure lors des expérimentations *in situ* qu'en laboratoire, suggérant que certains sites peuvent ne pas être propices à la survie des civelles déversées.

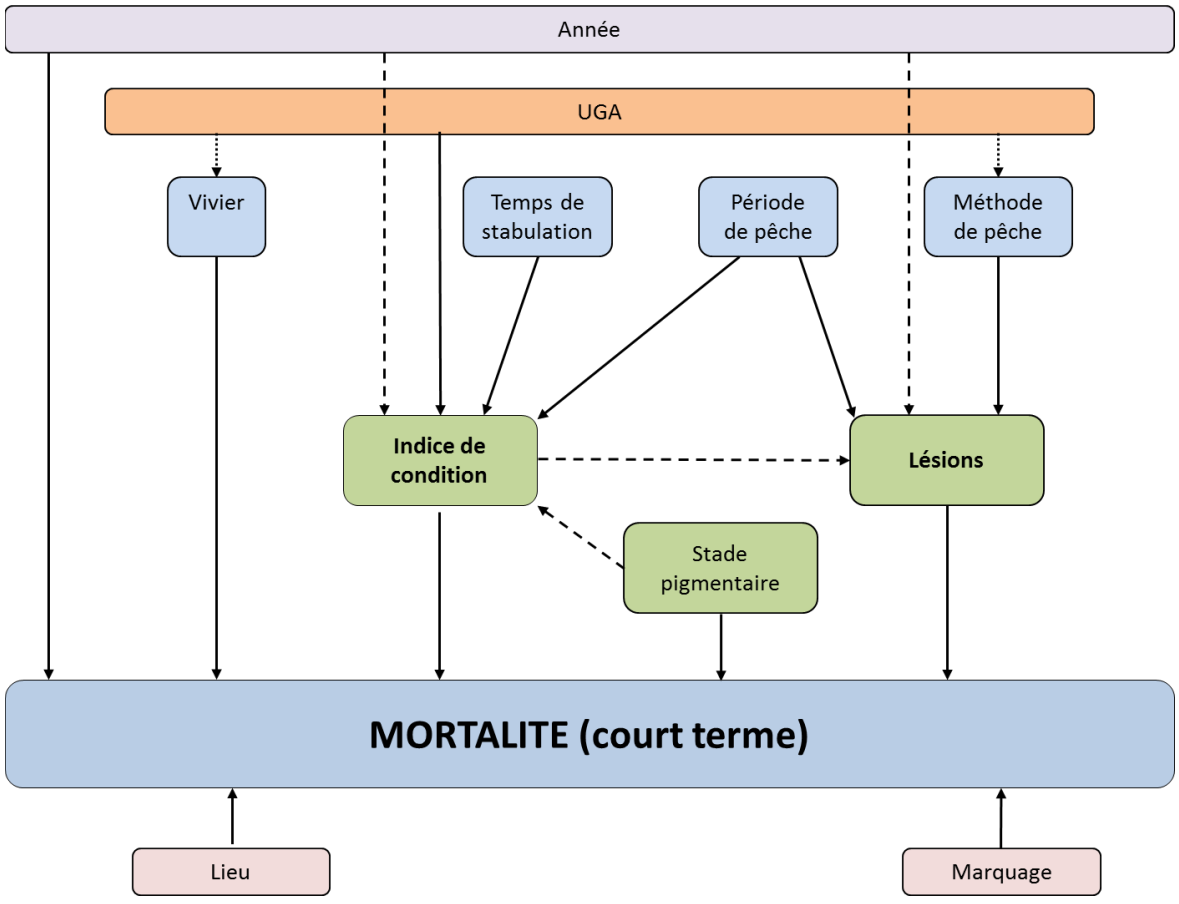

Figure 42 : schéma récapitulatif des effets des diverses variables testées sur l'indice de condition, le pourcentage de lésion et la mortalité à court terme. Les différentes couleurs représentent les diverses échelles d'étude (année, UGA, lot, expérimentation, civelles). Les flèches en tiret représentent des effets plus faibles que les flèches pleines, et les flèches en pointillé représentent des effets supposés mais non testés.

2. Validation du marquage

Sur les 4, 8 et 9 lots marqués respectivement en 2011, 2012 et 2013, 30 individus ont été sacrifiés à la suite du test de mortalité afin de vérifier que le marquage à l'alizarine était bien visible sur les

otolithes. La lisibilité du marquage s'est avérée positive pour tous ces individus à une exception près. En effet, pour un individu du lot destiné Aureilhan 2012 (soit moins de 1 % des 630 individus testés), le marquage n'était pas visible. Cependant, ces 30 individus étaient issus des expérimentations en aquariums, et non des tests *in situ*. Or, les individus doivent se nourrir pour assimiler le marqueur, surtout sur un laps de temps aussi court.

3. Les sites de déversement

Afin de faciliter la comparaison entres les projets, ces derniers ne sont plus triés par année mais par UGA car certains déversements ont eu lieu sur le même site.

Tableau 12. Tableau récapitulatif du déversement des civelles sur les sites.

UGA	Année	Projet	Type de milieu	Date	Mode de déversement	Nombre points de déversement	Répartition civelles marquées
AP	2011	Hallue	cours d'eau	13-avr.	à pied	9	-
	2012	Nievre	cours d'eau	11-avr.	à pied	4	-
	2013	Saint-Landon	cours d'eau	10-avr.	à pied	5	-
SN	2011	Drôme	cours d'eau	12-avr.	à pied	15	-
		Aure	cours d'eau	12-avr.	à pied	12	-
	2012	Thar	cours d'eau	14-mars	à pied	22	sur toute la zone
	2013	Calonne	cours d'eau	27-mars	à pied	10	-
BRE	2011	Vilaine	étiers	25-mars	à pied	40	localisée
	2012	Vilaine	cours d'eau	15-mars	en bateau	22	localisée
	2013	Vilaine	cours d'eau	22-mars	en bateau	42	sur toute la zone
LCV	2011	Loire 8_10	cours d'eau	7-avr.	en bateau	30	sur toute la zone
	2012	Loire 8_10	cours d'eau	1-mars	en bateau	96	sur toute la zone
	2013	Loire 7	cours d'eau	7-févr.	en bateau	35	sur toute la zone
		Loire 6	cours d'eau	8-mars	en bateau	37	sur toute la zone
		Creuse	cours d'eau	14-févr.	en bateau	26	sur toute la zone
	2011	Lay	cours d'eau	5-avr.	en bateau	28 + 3 (amont/aval)	sur toute la zone
	2013	Lay_aval	cours d'eau	20-mars	en bateau	28	sur toute la zone
		Lay_amont	cours d'eau	21-mars	en bateau	34	sur toute la zone
	2012	Jaunay	cours d'eau	22-mars	à pied	9	sur toute la zone *
		Auzance	cours d'eau	19-mars	à pied	13	localisée
		Marais Olonne	marais				
		Marais Breton	marais	21-mars	à pied	26	toute la zone
GDC	2013	Boutonne	cours d'eau	1-mars	mixte	61	sur toute la zone
	2012	Brouage	marais	16-mars	à pied	90	sur toute la zone
	2011	Hourtin	plan d'eau	20-avr.	en bateau	27	-
	2012	Cousseau	plan d'eau	19-mars	en bateau	40	-
	2012	Lacanau	plan d'eau	29-mars	en bateau	153	-
	2013	Lacanau	plan d'eau	18-févr.	en bateau	117	localisée
ADR	2012	Aureilhan	plan d'eau	18-avr.	en bateau	17	sur toute la zone *
	2013	Aureilhan	plan d'eau	20-févr.	en bateau	182	localisée

** : des civelles marquées ont été déversées à chaque point de déversement*

Pour chaque projet, les civelles ont été déversées en différents points, à pied ou par bateau, entre les mois de février et avril (*Tableau 12*). Le nombre de points de déversement varie selon les sites mais n'est pas toujours lié au poids total de civelles déversées (9 points de déversement pour 45kg (Hallue) et 131 kg de civelles (Jaunay) ou 22 points pour 113 kg (Thar), par exemple). Les civelles marquées ont été déversées soit sur toute la zone de déversement (parfois à chaque point de déversement) soit sur une partie de la zone de déversement.

Les civelles sont transportées par caisses de 5 kg. Ainsi, pour la majorité des déversements, le poids moyen déversé par point de déversement est supérieur ou égal à 5 kg et est peu variable (*Figure 43*). D'autres projets, en 2012 ou 2013, présentent des poids médians par point de 10 kg, avec, pour certains, des valeurs maximales pouvant aller jusqu'à 15 voire plus de 20 kg. Enfin, en 2012, Jaunay et Auzance - Olonne présente un poids médian déversé de 20 kg, avec un extrême à 50 kg pour Auzance – Olonne.

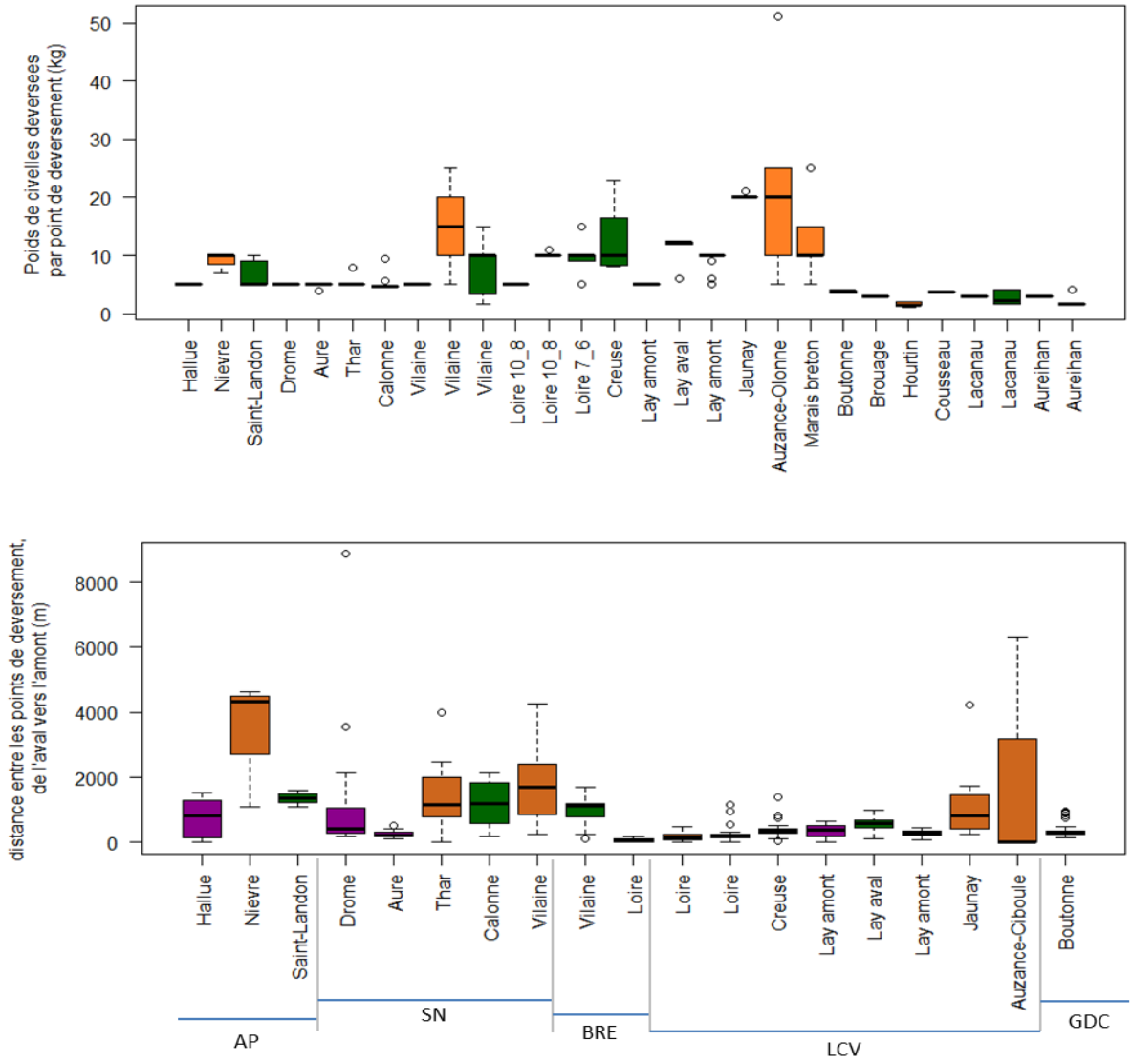

Figure 43 : distribution du poids de civelles déversées par point de déversement et de la distance entre un point de déversement et son voisin le plus proche situé en aval, pour chaque site de déversement. Cette distance n'est pas calculable pour les étiers, les marais et les plans d'eau. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Le nombre de point de déversement est spécifié dans le tableau 12.

Deux stratégies de déversement sont observables quant à la distance entre les points de déversement (*Figure 43*) : les projets de l'UGA LCV (à l'exception de Jaunay et Auzance-Olonne), le seul cours d'eau de l'UGA GDC ainsi que l'Aure, voire la Drôme (UGA SN) sont caractérisés par des points de déversement très proches les uns des autres, contrairement aux autres projets qui favorisent des points de déversement plus distants.

Les sites présentent une saturation en oxygène entre 75 et 125 % au moment du déversement (*Figure 44*), à l'exception du Lay en amont du barrage (2011 uniquement) et de Jaunay qui ont une saturation de l'ordre de 150 %, et Aureilhan 2013 (la saturation n'a pas été renseignée en 2012) qui a une saturation très basse.

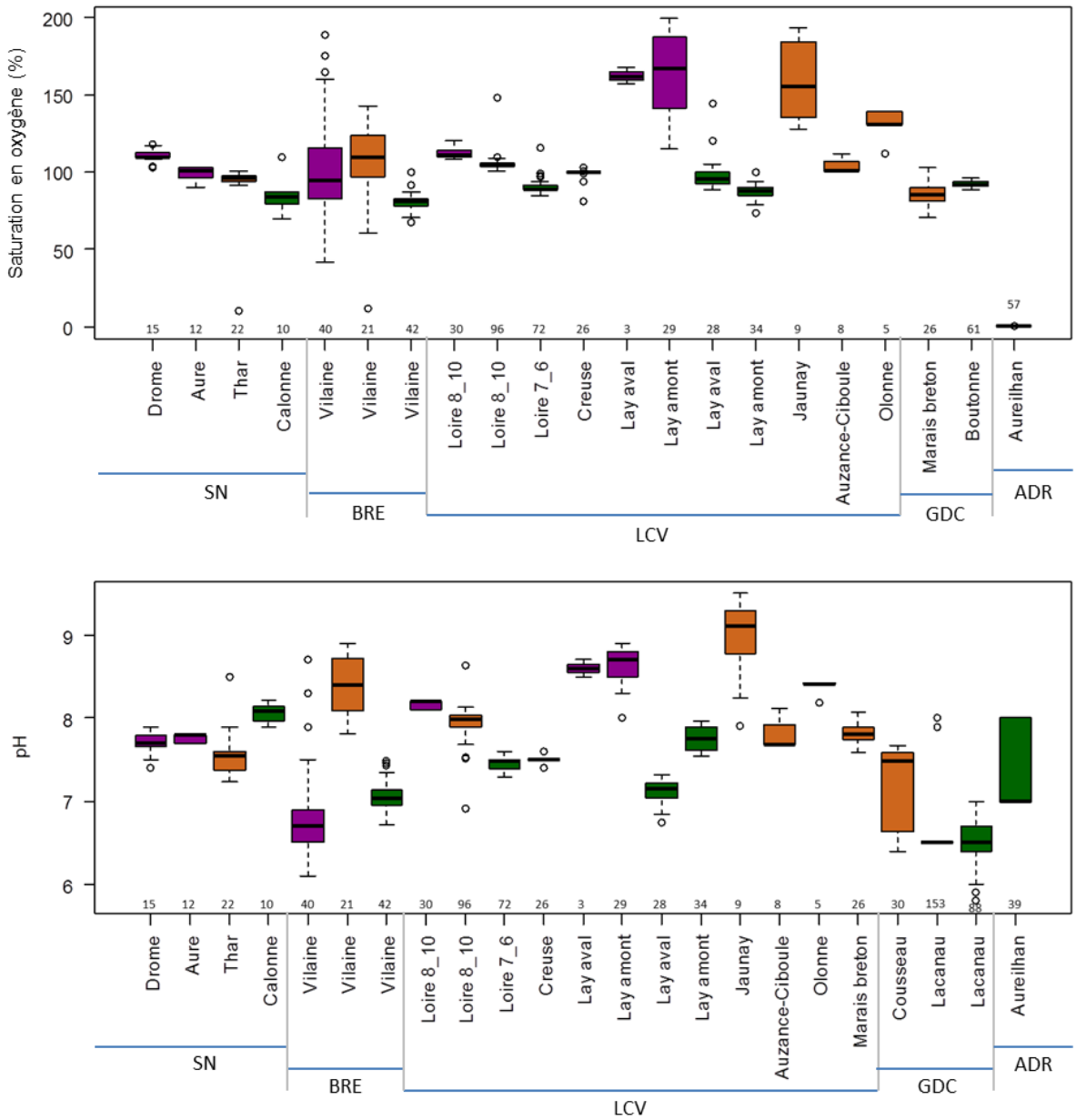

Figure 44 : distribution de la saturation en oxygène (haut) et du pH (bas) aux points de déversement, pour chaque site et chaque année. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Les nombres au-dessus de l'axe horizontal correspondent au nombre de valeurs.

La majorité des sites ont un pH neutre ou légèrement basique (8) au moment du déversement (*Figure 44*). Cependant, certains sites se distinguent par un pH plus élevé, en particulier les boires de la Vilaine (2012), les lots 10 à 8 de la Loire 2011, le Lay amont (en 2011 uniquement) et Jaunay, alors que d'autres sites ont un pH légèrement acide, comme les étiers de la Vilaine en 2011 ou le lac de Lacanau. Il est intéressant de remarquer que les trois projets effectués sur la Vilaine présentent trois profils de pH différents, mettant ainsi en évidence les différences d'habitats (étiers en 2011, boires en 2012 et cours d'eau principal en 2013) au sein d'un même secteur.

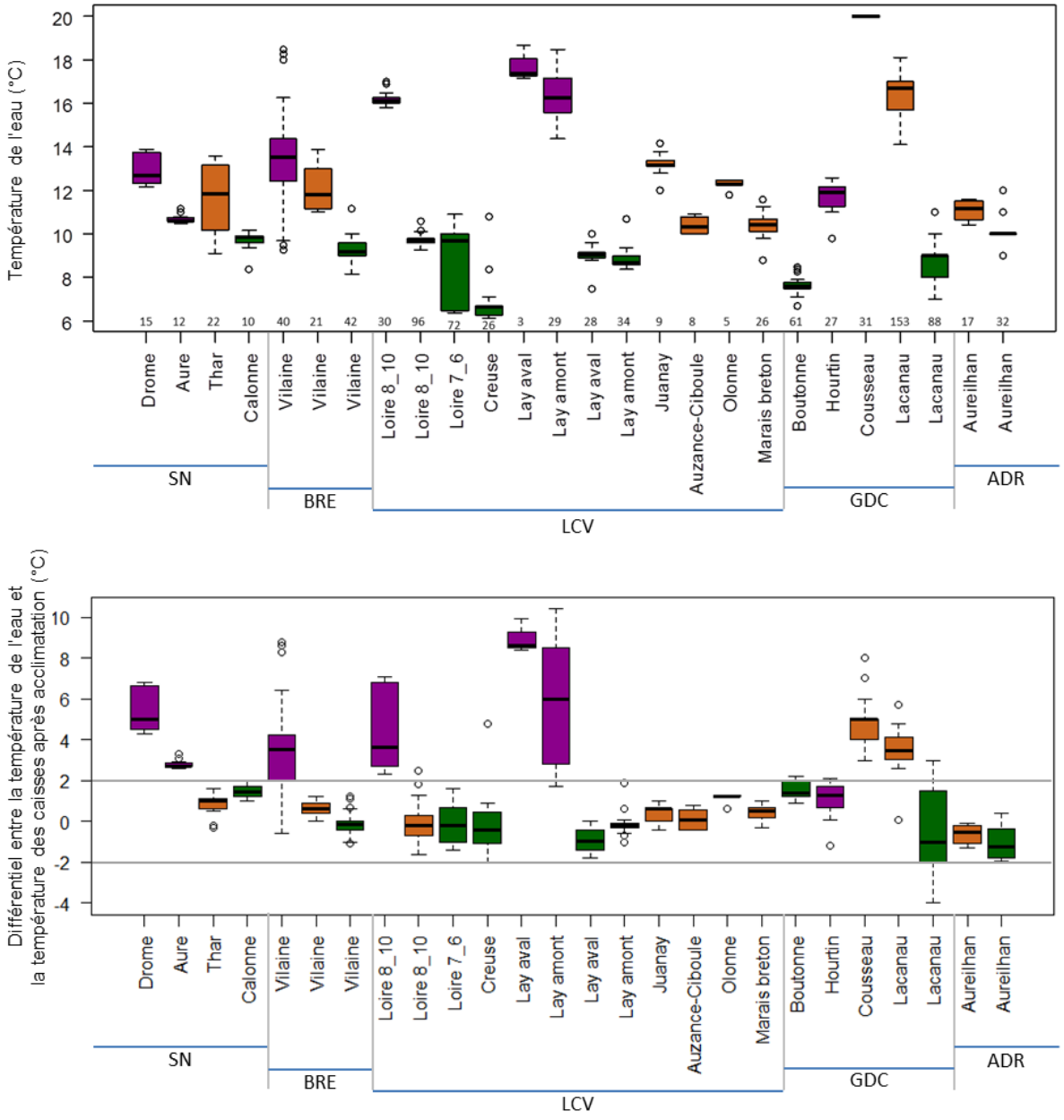

Figure 45 : distribution de la température de l'eau (haut) et du différentiel entre la température de l'eau et celle des caisses de civelles (bas) aux points de déversement, pour chaque site de déversement. Les projets de 2011, 2012 et 2013 sont respectivement représentés en violet, orange et vert. Les nombres au-dessus de l'axe horizontal correspondent au nombre de valeurs. Les barres horizontales grises représentent un différentiel de température de -2 et 2 °C.

Enfin, la température de l'eau au moment du déversement est extrêmement variable d'un site à un autre (*Figure 45*). Au sein d'un même UGA, elle est souvent supérieure pour les projets de 2011 et inférieure pour les projets de 2013. Ces résultats sont à mettre en relation avec les périodes de

pêche des civelles, qui ont influencé les périodes de déversement (en avril pour 5 des 6 projets de 2011 ; en mars pour 9 des 11 projets de 2012 ; en février et mars pour 10 des 11 projets de 2013). Ces fortes températures de l'eau en 2011 conduisent à compliquer et allonger la phase d'acclimatation des civelles au moment du déversement. En effet, les individus sont transportés dans des caisses à 4-6°C. Les caisses sont dans un premier temps ouvertes et débarrassées des bouteilles de glace. De l'eau du milieu y est ensuite ajoutée de manière à augmenter progressivement la température afin que le différentiel de température entre les caisses et le site de déversement ne dépasse pas 2°C. C'est le cas de tous les projets, à l'exception d'Hourtin en 2011 et de Cousseau et Lacanau en 2012 (*Figure 45*).

5. **Les phases de suivi**

A 6, 12 et 36 mois, des suivis ont été effectués pour chaque projet afin d'évaluer la réussite et l'efficacité des transferts comme le mentionne le PGA. Pour cela, diverses stations de suivi ont été définies sur la zone de déversement voire en amont et/ou en aval de cette zone, selon les projets. Trois types de méthodes ont été utilisés afin de capturer les anguilles :

- la pêche électrique complète (2 passages sur un tronçon de taille définie) : uniquement pour l'Hallue (2011),
- la pêche électrique par point (entre 20 et 30 EPA de 30 secondes minimum) : tous les suivis effectués sur un cours d'eau (à l'exception de l'Hallue), les suivis sur le marais breton, et certains points de suivis du marais de Brouage durant le suivi 6 mois,
- la pêche au verveux (1 à 4 poses de 24 à 48h par station) : tous les plans d'eau et le marais de Brouage, à l'exception de quelques points du suivi 6 mois

Trois points sont abordés dans cette partie : la survie apparente, la croissance estimée et le taux de parasitime par *Anguillicoloïdes crassus*.

1. La survie apparente des civelles déversées

Hypothèses et limites

Les indices de survie ont été calculés par UGA et par projet. Pour faciliter la lecture du rapport, le détail des suivis de chaque projet et les principaux résultats sont présentés dans *l'Annexe 2*. Pour chaque UGA, un à plusieurs tableaux récapitulatifs sont présentés. Ci-dessous sont détaillées les diverses informations calculées pour chaque projet :

- phase pré-déversement :
    - le **poids moyen d'une civelle**, estimé *via* la pesée des trois échantillons de 50 civelles (*cf. parties 3.2.2 et 4.3.3*)
    - la **probabilité de survie estimée à 15 jours**. Cette probabilité est issue des prédictions du modèle de mortalité (*Annexe 1d*). Pour chaque projet, une probabilité de survie à 15 jours en laboratoire pour des civelles non marquées d'une part, et pour des civelles marquées d'autre part, est calculée. Une probabilité de survie à 15 jours est alors calculée selon le pourcentage de civelles

marquées. Cette probabilité définit la qualité des civelles déversées, dans des conditions comparables entre les projets. Il est délicat d'utiliser la probabilité issue des expérimentations *in situ* dans la mesure où viennent se mêler la qualité du lot de civelles et la qualité du site, qui nécessiterait une analyse plus poussée et des données complémentaires.

- phase de déversement :
  - aucune caractéristique des sites n'a été prise en compte dans cette partie en raison de l'absence de données physico-chimiques pour certains projets et en raison de la durée limitée de l'expertise. Il va s'en dire que la qualité des sites (morphométrie et physico-chimie) joue très probablement un rôle clef dans la survie des civelles déversées.
  - le **poids de civelles déversées** ainsi que le **nombre estimé de civelles déversées**, calculé à partir du poids moyen d'une civelle
  - la **surface de la zone colonisable** par les civelles déversées. Faute de connaissances précises sur le degré de dispersion des civelles déversées et leur utilisation privilégiée de certains habitats au sein des sites, une première approche a été retenue, à partir des données du Réseau Hydrographique Théorique (RHT). Les cartes de de la localisation des individus capturés (cf. *Figure 56*de l'*Annexe 2* pour exemple) ont mis en évidence des distances maximales parcourues par les civelles déversées de 7 km en amont d'un point de déversement ou 3 km en aval d'un de ces points. Ainsi, l'hypothèse de travail pour calculer cette surface de zone colonisable est la suivante : une civelle peut parcourir jusqu'à 7 km en amont d'un point de déversement et jusqu'à 3 km en aval d'un point de déversement. Nous sommes également partis du postulat qu'elle peut également disperser vers l'aval puis l'amont. Dans ce cas, nous avons considéré qu'elle peut disperser en amont après avoir parcourue jusqu'à 1 km en aval. Dans ce cas, la distance amont + aval ne dépasse pas 7 km. Ce calcul considère les tronçons de tous les sites comme étant homogènes en termes de capacité d'accueil des civelles déversées. Il ne constitue donc en rien une vérité absolue. L'intérêt de cette démarche est de fixer des distances de dispersion maximale et donc de standardiser au maximum les zones colonisables afin de pouvoir comparer les projets entre eux.
  - la **densité de civelles déversées**, estimée à partir du nombre estimé de civelles déversées et de la surface de la zone colonisable.
  - le **nombre de points de déversement** et la **distance moyenne entre les points de déversement**, correspondant à la moyenne des distances entre un point de déversement et le point de déversement aval le plus proche.
  - Le **poids moyen de civelles déversées par point** et **le nombre estimé de civelles déversées par point**
- phase de suivi
  - la **méthode de pêche** pratiquée, ainsi que le **nombre de stations de suivi** et le **nombre d'EPA ou de sessions de pose de verveux par station**
  - la possibilité d'étudier la dispersion selon la localisation des stations de suivi par rapport aux points de déversement
  - résumé des captures et des autopsies pour chaque suivi

- le **nombre total d'individus capturés** par pêche électrique ou pose de verveux.
- la **classe de taille d'intérêt**. Pour les projets sans marquage, cette classe de taille est définie en fonction de l'allure de la distribution des tailles des anguilles pêchées. Pour les projets concernés par le marquage, cette taille est définie par la classe de taille des individus autopsiés qui, par otolithométrie, ont été déterminés comme étant issus de la cohorte recherchée.
- le **nombre d'individus capturés appartenant à la taille d'intérêt**
- le **nombre d'individus autopsiés**
- le **nombre d'individus autopsiés de la cohorte recherchée** définie par la lecture des otolithes. Pour chaque suivi, les individus trop jeunes ou trop vieux pour provenir du transfert étudié ont donc été écartés de l'analyse.
- le **nombre d'individus marqués de la cohorte recherchée**.
- le **pourcentage d'individus marqués observé**, qui correspond au rapport entre le nombre d'individus marqués de la cohorte recherché et le nombre d'individus autopsiés de la cohorte recherchée.

o calcul des densités et de la survie apparente, nécessitant :

- la **densité d'anguilles de la taille d'intérêt**. Pour l'Hallue (pêche électrique complète en deux passages), elle a été calculée en considérant que toutes les anguilles du tronçon pêché (100 m de long et 5 m de large) avaient été capturées puisque les effectifs des deux passages étaient semblables (ce qui revient à considérer une efficacité de l'ordre de 50 % lors du premier passage, Lambert et al., 1994 ; Baldwin and Aprahamian, 2012). Pour les autres projets, des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) ont été calculées donnant un nombre d'individus par EPA pour les suivis par pêche électrique par point et un nombre d'individus par piège par 24h pour les suivis par verveux. Dans le cas de suivis par pêche électrique, ces CPUE ont été multipliées par 50 pour donner des densités pour 100m² (correspondant à une efficacité de 2 m² par point, Germis, 2009). Des densités n'ont pu être calculées dans le cas des suivis par verveux car la relation entre CPUE et densité est inconnue. Cette densité exclut les individus estimés comme n'étant pas de la cohorte recherchée, à partir de la lecture d'otolithes.
- le **pourcentage d'anguilles de la taille d'intérêt considérées comme étant issues du transfert** étudié, calculé par le rapport entre le pourcentage d'individus marqués (résultat de l'autopsie) et le pourcentage d'individus marqués déversés. Il est donc égal à 100 % dans le cas des projets sans marquage.
- la **densité d'anguilles de la taille d'intérêt estimées comme étant issues du transfert** étudié, correspondant au produit entre la densité d'anguilles de la taille d'intérêt et le pourcentage d'anguilles de la taille d'intérêt considérées comme étant issues du transfert.

- le **nombre d'anguilles estimées comme étant issues du transfert**, calculé à partir de la surface de la zone colonisable et de la densité d'anguilles de la taille d'intérêt estimées comme étant issues du transfert.
- la **survie apparente** est alors calculée à partir du nombre d'anguilles estimées comme étant issues du transfert et le nombre estimé de civelles déversées

Pour chaque projet, **la dispersion minimale** est également estimée. Pour cela, la distance maximale de dispersion vers l'amont et/ou vers l'aval a été estimée lorsque la localisation des stations de suivi le permettait :

- dans le cas des projets sans marquage, la distance maximale de dispersion correspond à la distance maximale entre un point de déversement et une station de suivi sur laquelle a été capturée une anguille de la taille d'intérêt
- dans le cas des projets concernés par le marquage, seuls les individus autopsiés et marqués peuvent renseigner la dispersion. En effet, un individu marqué de la cohorte recherchée provient forcément du transfert étudié, et a parcouru au minimum la distance entre la station de suivi sur laquelle il a été capturé et le point de déversement de civelles marquées le plus proche en amont ou en aval.

Pour cette partie, il est important de préciser que :

- **les densités et survies sont présentées à titre indicatif afin de permettre une comparaison entre projets**
- **le calcul de la surface colonisable, nécessaire pour calculer la survie apparente, reste un calcul purement théorique, permettant également de comparer les projets entre eux. Il ne prend pas en compte l'hétérogénéité des sites (barrages, type d'écoulement, largeur,…) ni l'hétérogénéité des habitats avec, au sein de la surface en eau, des zones plus favorables à l'accueil des civelles transférées que d'autres. Il n'était en effet pas possible de considérer ces différents éléments étant donné le temps imparti pour réaliser cette expertise. Notre hypothèse d'une dispersion maximale de 7 km en amont et 3 km en aval (voire 1 km en aval puis 6 km en amont) pourra être retravaillée dans les années à venir à la lumière de connaissances plus complètes qui pourront apparaître**.
- **la survie apparente n'a pas été estimée pour le marais breton car ce système n'étant pas cartographié, il est difficile d'estimer la surface de la zone colonisable. Elle n'a pas non plus été estimée lorsque les pêches de suivi ont été réalisées aux verveux (marais de Brouage + lacs) car le lien entre la CPUE et la densité n'est pas établie avec ce type d'échantillonnage. Par ailleurs, la relation entre la CPUE par EPA de pêche électrique et la densité en civelles proposée par Germis (2009) reste encore à valider.**
- **il sera considéré, en raison des résultats obtenus sur tous les projets qu'une survie apparente < 8 % est faible, comprise en 8 et 15 % est moyenne et > 15 % est élevée.**

Bilan

Dans tous les cours d'eau où le suivi a été possible, la survie des civelles a été démontrée par l'analyse de recaptures et / ou par l'analyse des cohortes.

L'estimation des survies ne peut être conduite de manière précise dans le cadre de cette étude car un certain nombre d'informations manquent pour pouvoir le faire : la surface colonisée n'est pas connue faute de connaissance sur le comportement et l'ontogénie de la migration post-déversement, l'absence d'individus marqués dans de nombreux échantillons, la méconnaissance des zones colonisables (surfaces en eau pas toujours connues). Enfin, la méthode d'échantillonnage au verveux des plans d'eau et de marais n'est pas adaptée à la capture des individus ciblés.

De ce fait, nous avons cherché à mettre au point un indice de survie, basé sur un certain nombre de postulats exposés ci-avant. Ces indices de survie (survie apparente) présentent l'avantage de définir les facteurs influençant la survie et montrent de manière très claire la diversité et la spécificité des opérations de déversement.

Il est difficile de dissocier les facteurs pouvant expliquer les résultats de survies apparentes calculées dans la mesure où les projets présentent des caractéristiques très diverses. Cependant, divers facteurs, soulignés lors des bilans de projets par UGA ou bassin, pourraient expliquer certaines différences entre les projets :

- phase de pré-déversement : la qualité du lot, estimée par la probabilité de survie en laboratoire estimée par le modèle de mortalité à 15 jours.
- site de déversement et poids déversés:
    - les fortes densités estimées de civelles déversées sur la zone colonisable, qui peuvent conduire à une forte compétition pour les ressources et l'habitat
    - l'intensité de la colonisation naturelle, qui peut conduire à deux conséquences non-exclusives : générer une compétition supplémentaires pour les ressources, cette fois entre les individus déversés et les individus issus d'une colonisation naturelle ; affecter la précision des résultats puisque la probabilité de capturer des individus marqués diminuent lorsque le site est colonisé naturellement par des individus de la taille et de la cohorte recherchée (effet dilution)
- phase de déversement : le nombre moyen de civelles déversées par point de déversement

L'étude de la dispersion, notamment à plusieurs kilomètres en amont de la zone de déversement peut également favoriser une survie apparente supérieure puisqu'elle prend en compte les individus s'étant dispersés autour des points de déversement. En revanche, la distance entre les points ne semble pas avoir d'effet particulier sur la survie puisque l'une des meilleures survies apparentes est observée dans le projet Loire 7_6 qui présente une des plus faibles distances moyennes entre les points de déversement.

Enfin, la qualité du site en lui-même joue probablement un rôle fondamental dans la survie des civelles déversées (présence de prédateurs, d'abris mais également caractéristiques physico-chimique). Par exemple, Jaunay, qui présente des mortalités à 15 jours *in situ* très supérieures à celles observées en laboratoire, présente probablement des caractéristiques défavorables à la survie des civelles déversées.

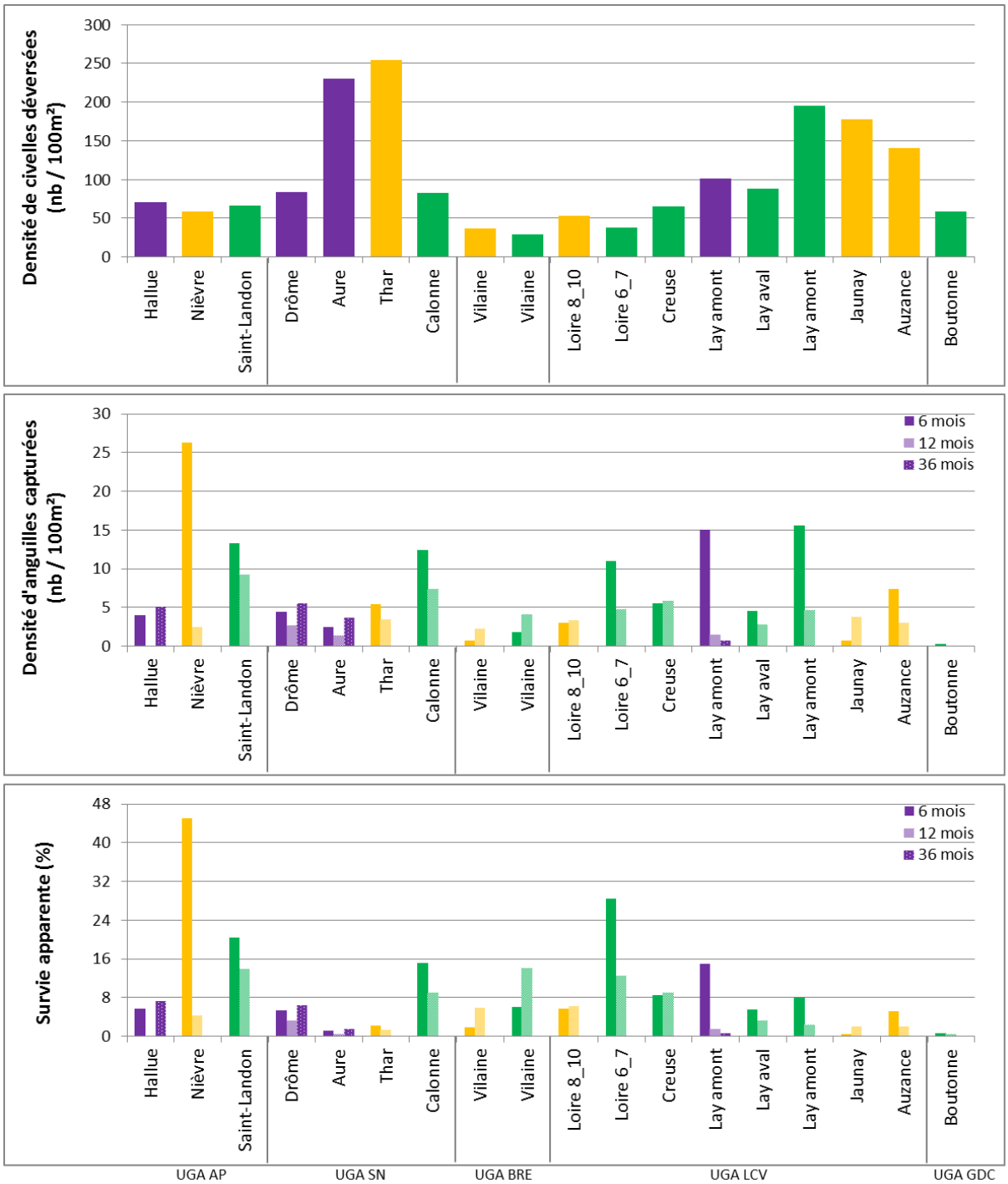

Figure 46 : densités de civelles initialement déversées (a), densités d'anguilles estimées comme étant issues du transfert durant les différents suivies (b), et survies apparentes (c) calculées à partir de ces densités et de la surface de la zone colonisable. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

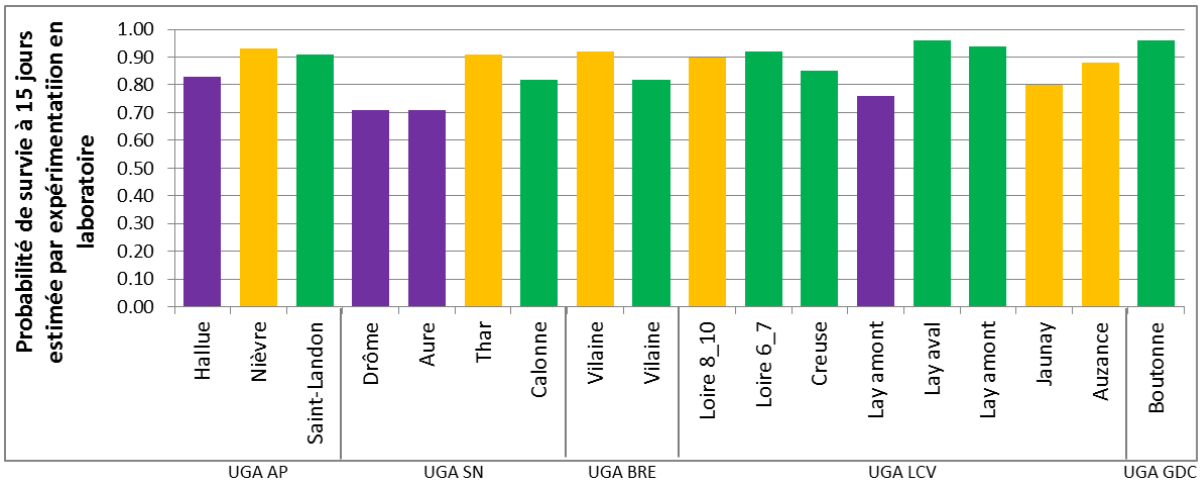

Figure 47 : taux de survie estimé des civelles durant l'expérimentation en laboratoire de 15 jours, prenant en compte le marquage, définissant la qualité des lots déversés. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

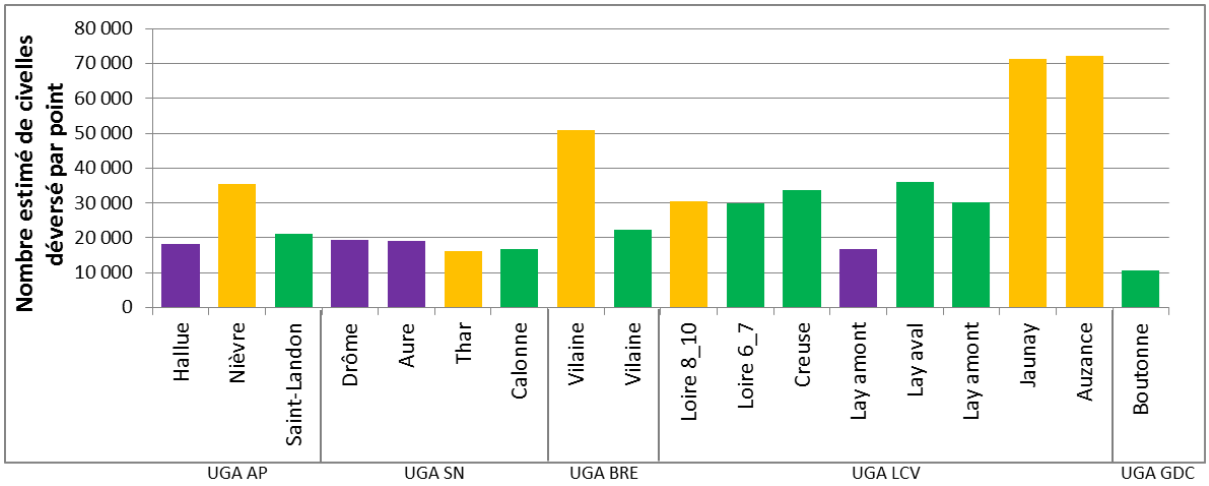

Figure 48 : nombre de civelles déversées par point de déversement, estimé à partir du poids moyen d'une civelle calculé via la pesée de 3 échantillons de 50 individus. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

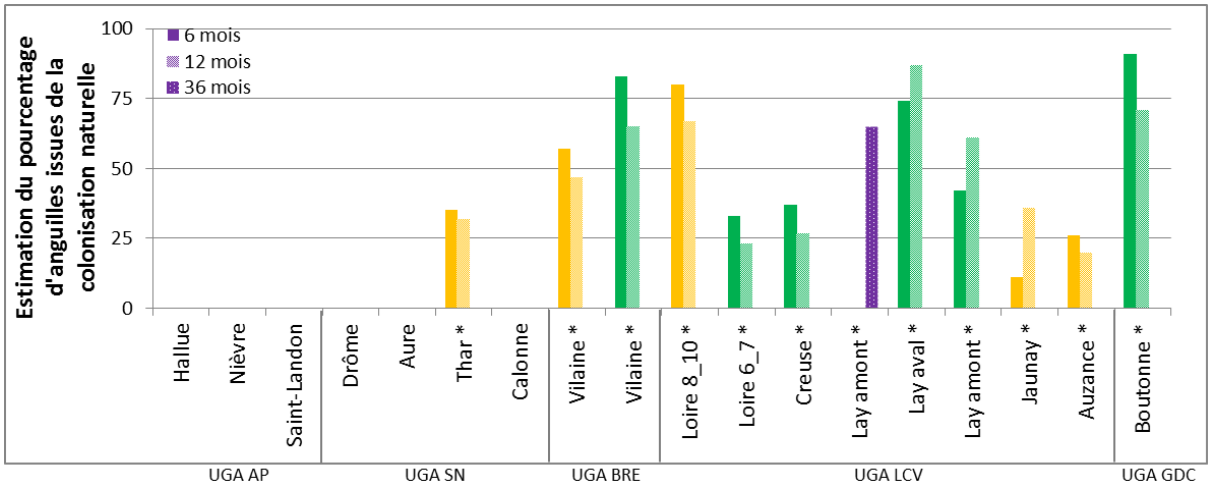

*Figure 49 : pourcentage d'anguilles de la taille d'intérêt estimées comme étant issues de la colonisation naturelle, défini à partir du pourcentage de civelles marquées déversées et du pourcentage d'individus marqués parmi les individus autopsiés de la cohorte recherchée. Les * identifient les projets concernés par le marquage. Les projets figurés en violet, orange et vert sont respectivement des projets de 2011, 2012 et 2013. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.*

Pour tester nos hypothèses, un modèle linéaire généralisé de type binomial a été construit afin de tester l'effet de la qualité du lot déversé, de la densité de civelles initialement déversées, de l'intensité de la colonisation naturelle et du nombre moyen de civelles déversées par point de déversement sur la survie apparente à 6 et 12 mois pour les 18 et 17 projets pour lesquelles ces estimations sont renseignées. Le nombre de données ne permet pas d'intégrer d'avantage de variables et ces quatre variables ont déjà été avancées comme pouvant affecter la survie dans les bilans par bassin et UGA. Mais l'effet de ces variables ne semble pas linéaire. Il existerait alors des paliers pour chacune de ces variables, pour lesquels la survie serait favorisée/défavorisée. Ainsi, divers modèles ont été comparés, considérant divers paliers (selon la gamme des valeurs pour chaque variable, *Figure 46*, *Figure 47*, *Figure 48* et *Figure 49*) :

- probabilité de survie estimée à 15 jours : toutes les valeurs comprises entre 0.6 et 1 avec un saut tous les 0.05
- densité de civelles initialement déversées : toutes les valeurs comprises entre 50 et 300 individus / 100 m² avec un saut tous les 25 individus / 100 m²
- nombre moyen de civelles déversées par point : toutes les valeurs comprises entre 10 000 et 70 000 civelles avec un saut tous les 10 000 civelles
- proportion d'anguilles issues de la colonisation naturelle : toutes les valeurs comprises entre 0 et 100 % avec un saut tous les 5 %

Finalement, le nombre de civelles déversées par point a été retiré des variables à tester car son effet sur la survie variait selon le palier sélectionné : effet positif sur la survie lorsque ce nombre est supérieur à 35 000, mais négatif lorsque le palier de 40 000 est choisi.

Le modèle avec le plus faible AIC sélectionné à partir des trois variables restantes explique **76.6 %** de la déviance totale des données (n = 18, df = 4, AIC = 4 994, wAIC = 1, Tableau 13). Il indique que la survie est affectée positivement par une **probabilité de survie estimée en laboratoire à 15 jours supérieure à 85 %** (donc par une bonne qualité du lot déversé). Elle est particulièrement affectée négativement par une **densité initiale de civelles déversées supérieure à 125 individus / 100 m²**, probablement en raison de la compétition pour les ressources et les habitats, mais également par une **proportion d'anguilles issue d'une colonisation naturelle supérieure à 45 ou 55 %** (l'absence de données dans cette gamme de pourcentage ne permet pas de préciser ce résultat).

Tableau 13. Résultat de l'analyse ANOVA effectuée sur le modèle expliquant la taille des civelles.

	Sens de la relation	Degré de liberté	p-value (test de Chi²)		Déviance expliquée par chaque variable, individuellement (%)
Proportion d'anguilles issues de la colonisation naturelle **> 45 %**	-	1	< 2.2e-16	***	49
Densité initiale de civelles déversées **> 125 individus / 100m²**	-	1	< 2.2e-16	***	46
Probabilité de survie estimée en laboratoire à 15 jours **> 0.85**	+	2	< 2.2e-16	***	26

Cependant, lorsque ce modèle est effectué sur les données des suivis de 12 mois, les relations entre les variables explicatives et la survie apparente restent les mêmes mais le modèle n'explique plus que **28.3 %** de la déviance totale des données (n = 17, df = 4, AIC = 5 341, wAIC = 1).

Il apparaîtrait en effet logique que les variables testées influencent davantage la survie des anguilles déversées lors des premiers mois après déversement, pour s'atténuer par la suite. La qualité du site de déversement et une étude de la dispersion des individus pourraient expliquer les différences de survies obtenues.

EN RESUME

Les survies apparentes calculées pour les cours d'eau diffèrent fortement entre les projets (< 1% à 45 %) mais également entre les suivis. Divers facteurs ont été soulignés comme pouvant expliquer partiellement les différences observées, à savoir la proportion d'anguilles déjà présentes sur le site de déversement, la densité initiale des civelles déversées qui dépend de la surface de la zone colonisable du site de déversement et la qualité des civelles déversées.

D'autres facteurs ont également été avancés comme pouvant affecter la survie apparente, à savoir le nombre de civelles déversées par point de déversement et la prise en compte, lors du suivi, non pas uniquement de la zone de déversement mais également de quelques kilomètres en aval et surtout en amont.

Enfin, la qualité du site de déversement est probablement fondamentale pour la survie des civelles déversées, mais seules certaines caractéristiques physico-chimiques sont disponibles, sur certains sites. La présence d'abris, de ressources trophiques ou de prédateurs potentiels n'est pas renseignée.

Il est également important de rappeler que ces calculs de survie apparente reposent sur un certain nombre d'hypothèses, qui, en raison de l'absence de connaissances suffisantes sur les phénomènes de dispersion, sur l'intensité du recrutement (quantités de civelles arrivées naturellement sur le site) et sur la capacité d'accueil des sites de déversement, ne peuvent être validées à l'heure actuelle.

En effet, faute de connaissances précises sur le degré de dispersion des civelles déversées sur chaque axe et leur possible utilisation privilégiée de certains habitats au sein des cours d'eau, il a été retenu dans une première approche les hypothèses de travail suivantes : dispersion sur 7 km, surface en eau considérée comme homogène. Ces deux hypothèses très fortes amènent bien sûr à considérer les premiers résultats obtenus avec beaucoup de prudence. Les démarches futures de suivi devraient analyser chaque cours d'eau de façon individuelle, pouvoir renseigner le niveau de dispersion de ces petites tailles et leur type de répartition dans les rivières alevinées de manière à pouvoir effectuer des extrapolations certainement plus pertinentes.

Les résultats présentés dans cette partie doivent donc avant tout être considérés comme exploratoires, car ils permettent d'identifier les causes de mortalité et de poser les jalons pour améliorer les prochaines opérations de repeuplement.

2. Croissance estimées des civelles déversées

Taille des individus capturés

Pour les projets non concernés par le marquage, les individus estimés comme étant issus du déversement ont été définis selon les histogrammes de la distribution des tailles d'anguilles capturés. En revanche, pour les projets concernés par le marquage, une autopsie a été effectuée sur une cinquantaine d'individus d'une certaine classe de taille. Cette autopsie a permis de déterminer la

présence d'individus marqués, mais également de déterminer si les individus marqués comme non marqués appartenaient à la cohorte recherchée.

La taille des individus capturés lors des suivis 6 mois, 12 mois et 36 mois est comprise respectivement entre 61 et 130 mm, 64 et 160 mm, 93 et 270 mm (*Figure 50*, *Tableau 14*). Il peut être remarqué que les projets les plus nordiques (UGA AP et SN) présentent des maxima bas : 100 mm à 6 mois et 110 mm à 12 mois, à l'exception de quelques individus, notamment de la Calonne. Pour les autres UGA, la majorité des individus ont des tailles inférieures à 110 mm à 6 mois et 130 mm à 12 mois, mais la distribution des tailles varie selon les projets. A 36 mois, il est difficile de mettre en évidence des différences puisque les trois projets présentant les plus grandes tailles ne contiennent qu'un seul individu marqué, dont la taille est dans l'ordre de grandeur des quatre autres sites (non concernés par le marquage).

Cependant, il est important de noter que les tailles des individus autopsiés sont conditionnées par le choix de la classe de taille des individus mis de côté pour autopsie.

Comparaison des tailles entre individus marqués et non marqués

Pour les projets concernés par le marquage, une autopsie a été effectuée sur une cinquantaine d'individus. Cette autopsie a permis de déterminer ma présence d'individus marqués, mais également de déterminer si les individus marqués comme non marqués appartenaient à la cohorte recherchée. Les individus marqués ont une taille comparable à celle des individus non marqués à 6 mois (*Figure 50*), voire une taille supérieure (Thar ou Loire 2012), à l'exception des projets Vilaine 2013 et Brouage, pour lesquels les 2 et 3 individus marqués sont clairement plus petits que les individus non marqués.

Cependant, ces différences ne se maintiennent pas à 12 mois pour ces deux derniers projets (*Figure 50*). De nouveau, les individus marqués ont une taille comparable à celle des individus non marqués à 6 mois, voire en majorité supérieure (Vilaine 2012), à l'exception cette fois du Thar, où les tailles sont de toutes façons très faibles, pour les individus marqués comme non marqués, et du lac d'Aureilhan en 2013 où les individus marqués sont nettement plus petits que les individus non marqués.

Croissance estimée des individus déversés

Pour estimer la croissance des individus déversés, la taille des individus capturés a été soustraite à la taille moyenne de l'échantillon de 50 civelles mesurées individuellement la veille du déversement. Lorsque deux lots ont été déversés sur le même site, la moyenne des tailles a été calculée en pondérant par le poids de civelles non marquées de chaque lot déversé pour les individus non marqués et par le poids de civelles marquées de chaque lot déversé pour les individus marqués.

Ce différentiel a ensuite été pondéré par le nombre de jours écoulés entre la date de déversement et la date du suivi étudié. Ainsi, la croissance est exprimée en nombre de mm pris en 6 mois pour le suivi 6 mois et en nombre de mm pris par an pour les deux autres suivis (*Figure 51*). En effet, la croissance devrait être ralentie, voire arrêtée entre les suivis 6 et 12 mois car cette période de l'année est peu propice à la croissance. Ces pondérations permettent alors d'étudier si les anguilles ont effectivement stoppé leur croissance entre ces deux suivis. Pour rappel, les valeurs observées sont des **estimations de croissance** puisqu'elles se basent sur la taille moyenne d'un

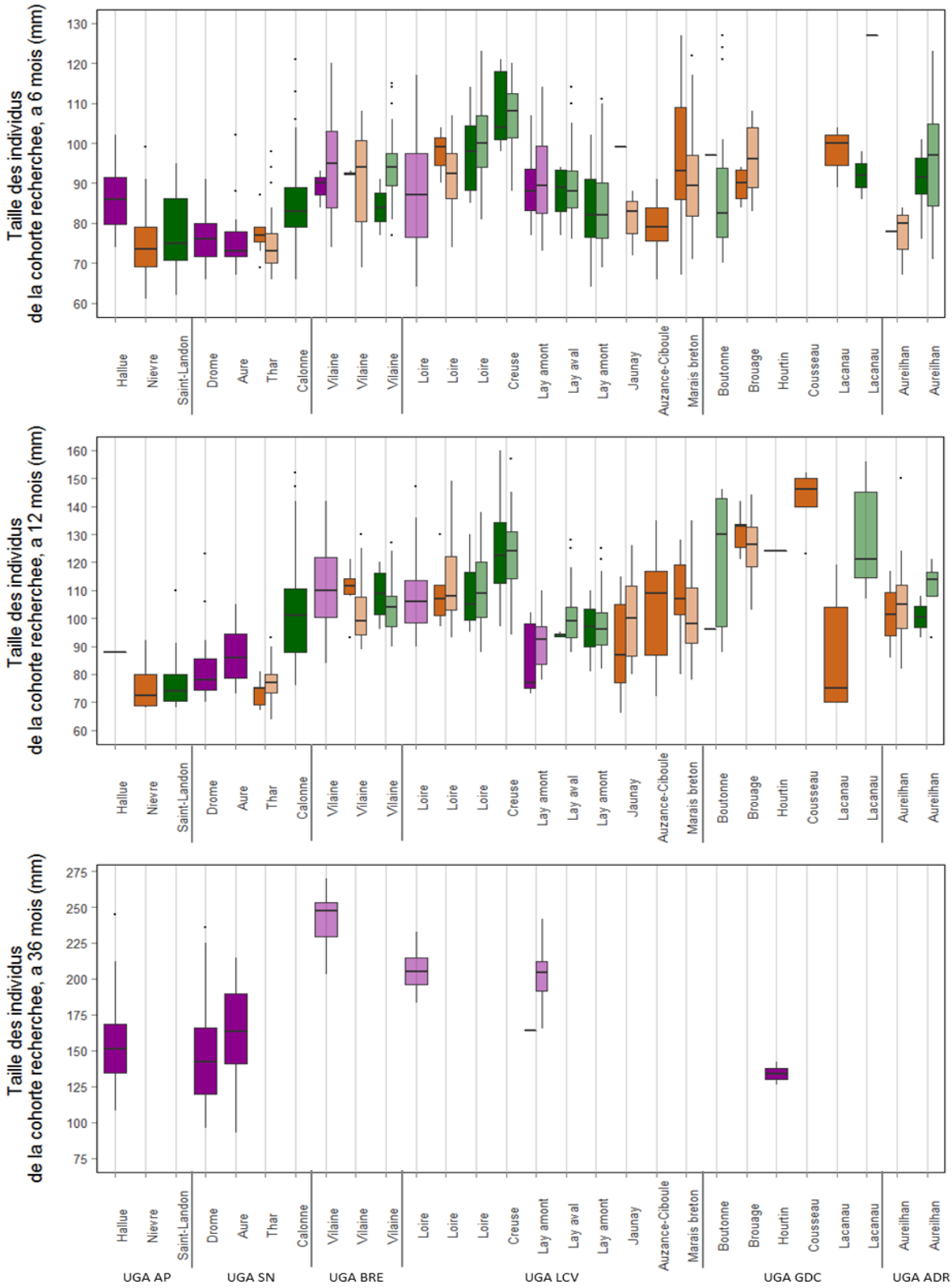

Figure 50 : distribution de la taille des individus de la classe de taille d'intérêt capturés lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois(c). Les individus étant issus du déversement (tous les individus pour les projets sans marquage et les individus marqués de la cohorte recherchée pour les projets avec marquage) sont représentés sans transparence, contrairement aux individus dont l'origine ne peut être déterminée (individus non marqués de la cohorte recherchée pour les projets avec marquage) qui sont représentés en transparence. Les tailles représentées correspondent aux mesures de terrain pour les projets sans marquage et aux mesures en laboratoire (plus précises) lorsqu'une autopsie a été réalisée. Les projets de 2011,2012 et 2013 sont illustrés respectivement en violet, orange et vert. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

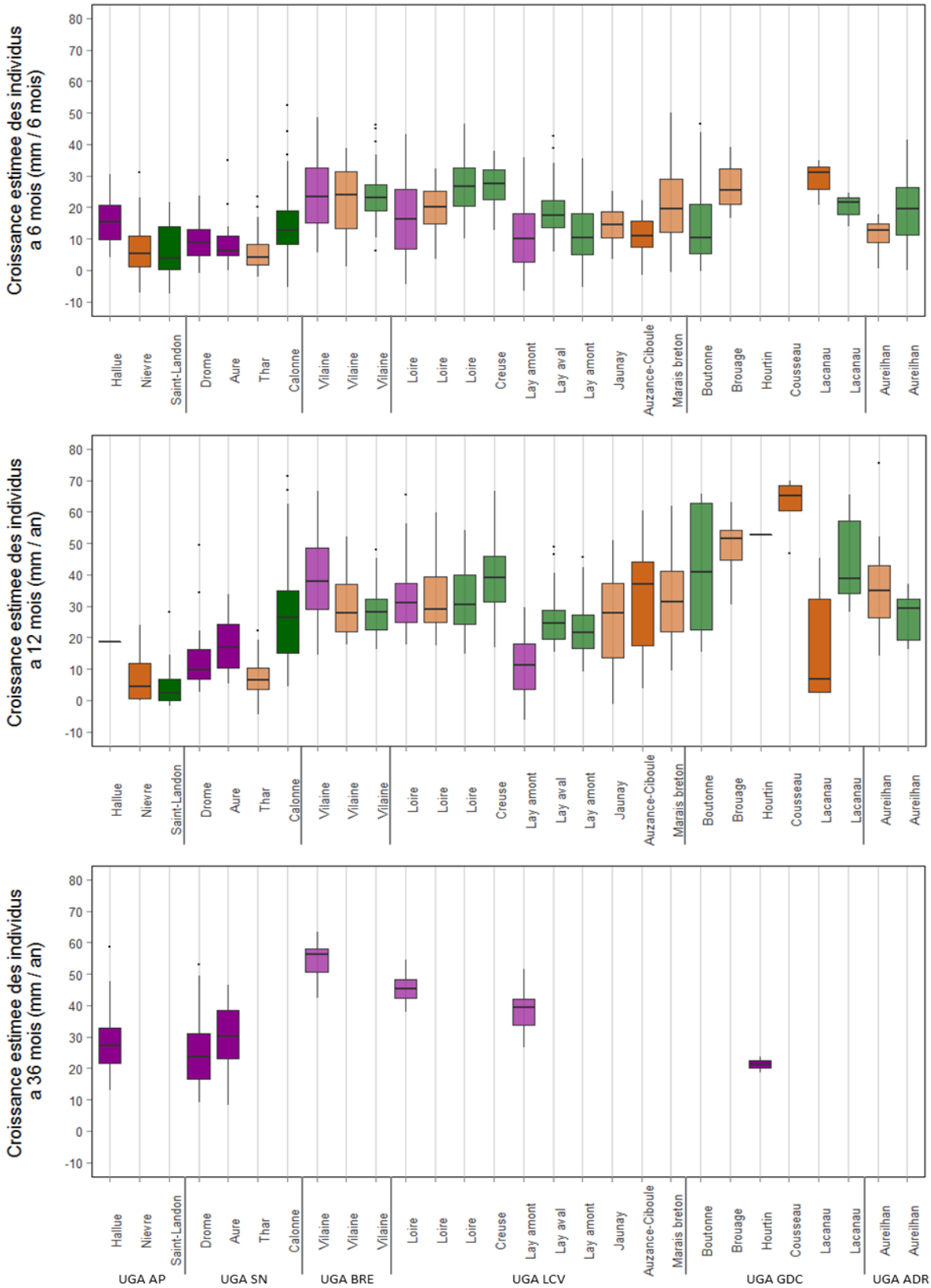

Figure 51 : distribution de la croissance des individus de la classe de taille d'intérêt capturés lors des suivis 6 mois (mm / 6 mois, a), 12 mois (mm / an, b) et 36 mois (mm / an, c)(cf. texte pour détails de calcul). Pour plus de clarté, tous les individus des projets avec marquage ont été regroupés, bien que l'origine des individus autopsiés non marqués ne puisse être déterminée. Les projets concernés par cette incertitude sont représentés en transparence. Les tailles représentées correspondent aux mesures de terrain pour les projets sans marquage et aux mesures en laboratoire (plus précises) lorsqu'une autopsie a été réalisée. Les projets de 2011,2012 et 2013 sont illustrés respectivement en violet, orange et vert. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

échantillon des lots déversés. Or, la *Figure 31* soulignait la **forte variabilité dans la distribution des** x **tailles des 50 civelles mesurées avant déversement**. De plus, pour simplifier la lecture de la *Figure 51*, tous les individus des projets avec marquage ont été regroupés, bien que l'origine des individus autopsiés non marqués ne puisse être déterminée, mais la croissance des individus marqués est détaillée dans le *Tableau 14*.

Tableau 14. Résumé des tailles et des croissances estimées des individus capturées (et autopsiés et issus de la cohorte d'intérêt pour les projets avec marquage) pour chaque projet.

UGA	Année	Projet	Suivi 6 mois			Suivi 12 mois			Suivi 36 mois		
			n	Croissance moyenne (mm / 6 mois)	Taille (min – max)	n	Croissance moyenne (mm / an)	Taille (min – max)	n	Croissance moyenne (mm / an)	Taille (min – max)
AP	2011	Hallue	20	15.7	74 - 102	1	18.6	88	26	28.5	108 - 245
	2012	Nièvre	42	6.9	61 - 99	4	8.1	68 – 92			
	2013	Saint-Landon	16	5.7	62 - 95	11	5.6	68 – 110			
SN	2011	Drôme	32	9.0	66 - 91	20	13.1	70 - 123	40	24.9	96 - 236
		Aure	12	9.8	67 - 102	7	17.9	73 - 105	18	30.1	93 – 215
	2012	Thar	49 (10)	5.6 (7.3)	66 – 98 (69 – 87)	43 (9)	6.9 (4.4)	64 – 93 (67 – 81)			
		Calonne	99	14.4	66 - 121	59	27.7	76 – 152			
BRE	2011	Vilaine	49 (3)	24.8 (19.7)	74 – 120 (84 – 93)	50 (0)	38.9	84 – 142	8 (0)	54.4	203 – 270
	2012	Vilaine	16 (2)	23.0 (23.9)	69 – 108 (92 – 93)	37 (6)	30.2 (35.4)	89 – 130 (93 – 121)			
	2013	Vilaine	53 (2)	23.8 (13.6)	77 – 115 (77 – 91)	54 (4)	28.3 (32.1)	90 – 127 (96 – 120)			
LCV	2011	Loire 8_10	51 (0)	17.3	64 – 117	43 (0)	32.0	90 -147	34 (0)	45.6	193 – 233
	2012	Loire 8_10	49 (3)	20.1 (24.2)	74 – 107 (90 – 104)	51 (5)	33.0 (30.0)	93 – 149 (97 – 130)			
	2013	Loire 6_7	112 (22)	26.5 (24.7)	81 – 123 (85 – 114)	93 (19)	32.5 (30.4)	88 – 138 (95 – 130)			
	2013	Creuse	48 (9)	27.0 (28.1)	88 – 121 (98 – 121)	54 (12)	39.2 (39.7)	94 – 160 (97 – 160)			
	2011	Lay amont	44 (10)	11.7 (9.9)	73 – 114 (77 – 107)	17 (5)	10.3 (5.4)	73 – 110 (73 – 102)	15 (1)	38.2 (26.7)	164 – 242 (164)
	2013	Lay aval	49 (4)	19.1 (16.8)	76 – 114 (77 – 94)	51 (2)	25.9 (20.3)	88 – 128 (93 – 95)			
	2013	Lay amont	49 (11)	12.3 (12.2)	64 – 111 (64 – 102)	54 (8)	22.8 (21.8)	81 – 125 (81 – 110)			
	2012	Jaunay	4 (1)	14.4 (25.2)	72 – 99 (99)	28 (5)	26.8 (19.7)	66 – 126 (66 – 115)			
		Auzance	(15)	(10.7)	(66 – 91)	(13)	(33.4)	(72 – 135)			
		Marais breton	53 (17)	21 (24.2)	67 – 127 (67 – 127)	51 (14)	32.5 (36.5)	78 – 135 (80 – 128)			
GDC	2013	Boutonne	29 (1)	14.3 (21.8)	70 – 127 (97)	10 (1)	41.7 (22.3)	88 – 146 (96)			
	2012	Brouage	10 (3)	27.9 (21.3)	83 – 108 (84 – 94)	40 (10)	49.8 (52.9)	103 – 144 (121 – 42)			
	2011	Hourtin	0			1	52.7	124	2	21.2	126 – 142
	2012	Cousseau	0			5	62	123 – 152			
	2012	Lacanau	3	28.9	89 - 104	6	17.3 *	70 - 119			
	2013	Lacanau	3 (2)	20 (19.2)	86 – 127 (86 - 98	15 (0)	44.1	107 – 156			
ADR	2012	Aureilhan	4 (1)	11 (11.8)	67 – 84 (78)	22 (2)	35.8 (31.7)	82 – 150 (86 – 117)			
	2013	Aureilhan	44 (8)	17.9 (16.1)	71 – 118 (76 – 101)	6 (2)	26.8 (21.9)	93 – 121 (93 – 108)			

Les nombres entre parenthèse ne tiennent compte que des individus marqués.

** L'absence d'autopsie lors des suivis du projet Lacanau 2012 ne permet pas de discriminer les individus issus du projet de 2012 de ceux déversés en 2013, quelques mois avant le suivi 12 mois du projet de 2012.*

A 6 mois comme à 12 mois, il semble se distinguer différents groupes : les projets pour lesquelles les croissances estimées sont inférieures à 20 mm, ceux pour lesquelles ces croissances sont de l'ordre de 20 mm et ceux pour lesquelles elles sont supérieures.

Ainsi, les projets des UGA AP et SN présentent les plus faibles croissances à 6 mois (en moyenne < 16 mm en 6 mois, voire < 10 mm en 6 mois pour 4 des 7 projets). La croissance semble s'être stoppée entre les suivis 6 et 12 mois pour ces projets, à l'exception de l'Aure (qui reste malgré tout en dessous du seuil de 20 mm / an) et surtout de la Calonne (en moyenne 27.7 mm / an).

Les projets de l'UGA BRE, réalisés sur des habitats différents, présentent des croissances intermédiaires de 20 à 25 mm en 6 mois en moyenne. Cependant, cette croissance ne semble pas s'être stoppée entre les suivis 6 et 12 mois puisqu'elle passe à 30 à 40 mm / an en moyenne. Cependant, pour ces projets, la majorité des individus a été estimée comme provenant d'une colonisation naturelle (40 % des individus au minimum pour le suivi 6 mois du projet 2011 et pas d'estimation pour les suivis ultérieurs).

Pour les projets de l'UGA LCV, divers groupes se distinguent, par bassin :

- le bassin de la Loire présente des croissances qui augmentent au fur et à mesure de la progression vers l'amont (en moyenne < 20 mm en 6 mois à l'aval et > à 25 mm en 6 mois à l'amont). A 12 mois, les croissances sont supérieures suggérant qu'elles se sont juste ralenties et non stoppées entre les deux suivis, mais les différences s'estompent entre les trois projets effectués sur la Loire (de 30 à 35 mm / an en moyenne), alors que la Creuse s'en distingue par une croissance supérieure (39.2 mm / an en moyenne). De nouveau, pour ces projets, un certain nombre d'individus a été estimé comme provenant d'une colonisation naturelle, en particulier sur les deux sites aval.
- le bassin du Lay présente de faibles croissances à 6 mois (< 20 mm en 6 mois, de l'ordre de 10 mm en 6 mois pour les projets à l'amont du barrage de Mortevieille) mais les deux projets de 2013 présentent une croissance supérieure à 12 mois (de 23 à 26 mm / an en moyenne pour l'amont et l'aval, respectivement).
- le bassin Jaunay et Vie et le bassin de l'Auzance présentent des croissances diverses, relativement basses pour les cours d'eau (en moyenne 14.4, 10.7 et 21 mm en 6 mois pour Jaunay, Auzance et le marais breton, respectivement). Pour tous les projets, la croissance augmente entre les deux suivis (en moyenne 26.8, 33.4 et 32.5 mm / an) mais augmente également en variabilité.

Les projets de l'UGA GDC contiennent différents types de milieu :

- le seul cours d'eau ayant fait l'objet d'un transfert (Boutonne) présente une faible croissance à 6 mois (15 mm en 6 mois) mais correspond finalement à la plus forte croissance moyenne rencontrée dans les cours d'eau à 12 mois (> 40 mm / an à 12 mois). Cependant, cette croissance est extrêmement variable à 12 mois et moins de 30% des individus capturés sont estimés comme étant issus des déversements.
- les marais de Brouage présentent la plus forte croissance (hors lac) à 6 mois (> 25 mm en 6 mois) comme à 12 mois (près de 50 mm / an).
- les suivis par verveux dans les lacs ont permis de capturer très peu d'individus, ce qui rend l'interprétation compliquée. De plus, malgré le très faible nombre d'individus

capturés, la variabilité est importante à 12 mois (*Figure 51*). Les quelques individus capturés conduisent à une croissance > 20 mm en 6 mois et > 40 mm / an (voire > 60 mm / an) à 12 mois.

Enfin, les projets de l'UGA ADR montrent une croissance faible à 6 mois (< 20 mm en 6 mois) mais > 25, voire > 35 mm / an à 12 mois.

Au suivi 36 mois, les croissances sont toutes supérieures à 20 mm / an, notamment dans les UGA BRE et LCV. Cependant, seul un individu marqué a été capturé sur ces trois projets avec marquage.

EN RESUME

En conclusion, la croissance est très variable entre les sites, souvent plus faibles dans les UGA du Nord (AP et SN).

Pour les UGA BRE et LCV, la Vilaine et le bassin de la Loire se distinguent par des croissances supérieures au bassin du Lay, et moins variables que celles du bassin de Jaunay et Vie et du bassin de l'Auzance.

Pour l'UGA GDC, les croissances à 12 mois sont souvent élevées (> 40 mm / an en moyenne), mais sont également extrêmement variables au sein d'un site, à l'exception des marais de Brouage. Enfin, l'UGA ADR présentent des résultats variés selon les années : une croissance à 6 mois relativement faible, mais de l'ordre de celles observées sur les bassins de la Loire et de la Vilaine à 12 mois. De plus, ces deux UGA sont caractérisés par un nombre d'individus piégés faible, rendant les estimations moins fiables.

Il est également important de rappeler que la croissance est une valeur estimée, ne tenant pas compte de la variabilité de la taille des civelles déversées mesurée la veille du déversement. De plus, cette croissance considère les individus marqués mais également les individus non marqués qui peuvent être issus d'une colonisation naturelle.

3. Taux de parasitisme des anguilles autopsiées

Lors de l'autopsie des individus susceptibles de présenter un marquage, la présence d'individus du parasite *Anguillicoloïdes crassus* a été recherchée dans la vessie natatoire. De ce fait, les projets sans marquage ne contiennent aucune information sur le parasitisme, à l'exception de l'Hallue, pour lequel les individus capturés lors du suivi 6 mois ont été autopsiés.

A. crassus est très présent dans les sites déversés (*Figure 52*). Sa présence est en effet supérieure à 50 % au moins au suivi 12 mois pour 13 projets sur 19. Ainsi, 6 projets ressortent : l'Hallue qui est le seul projet sans marquage (donc présentant une colonisation naturelle très faible) pour lequel les individus pêchés ont été autopsiés à 6 mois, le Thar, la Creuse, l'Auzance et Aureilhan 2012 comme 2013. Pour ces projets, la colonisation naturelle est estimée comme représentant moins de 50 % des anguilles de la taille d'intérêt à 6 mois comme à 12 mois.

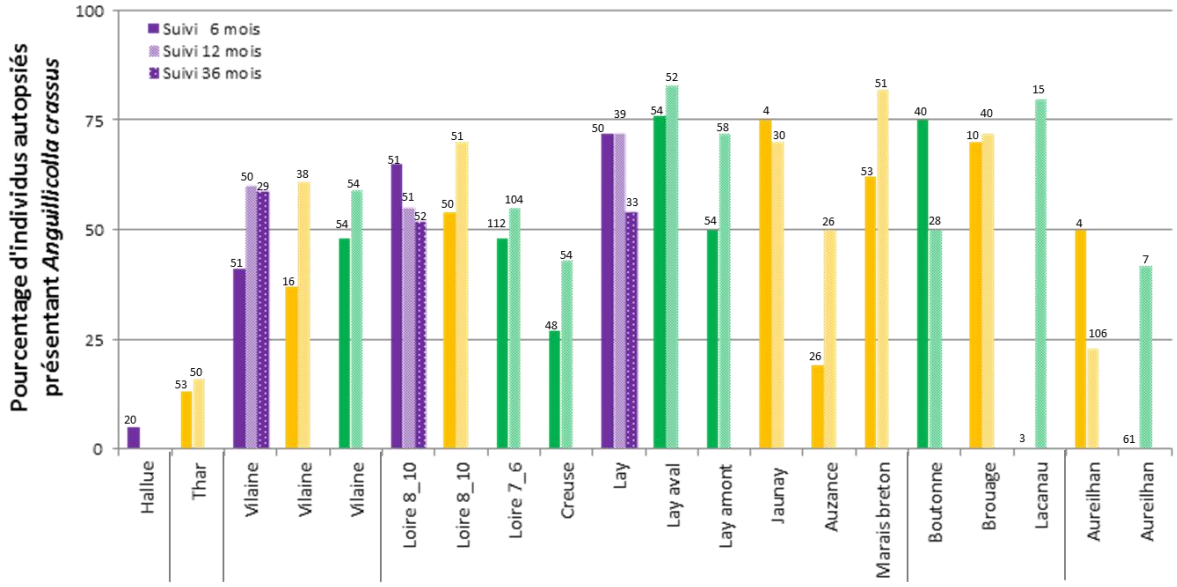

Figure 52 : prévalence du parasite Anguillicoloïdes crassus dans la vessie natatoire des individus au moment de l'autopsie au cours des divers suivis. Les nombres d'individus autopsiés sont indiqués au-dessus des barres. Concernant l'Hallue, l'information n'est renseignée que pour le suivi 6 mois. Seul trois projets ont fait l'objet d'une autopsie au suivi 36 mois. Les barres verticales grises séparent les projets par UGA.

EN RESUME

Le parasite *Anguillicoloïdes crassus* est très présent dans les individus autopsiés issus des divers projets concernés par le marquage, c'est-à-dire susceptibles d'être naturellement colonisés par l'anguille.

La faible prévalence observée pour l'Hallue à 6 mois, et pour certains autres projets caractérisés par une colonisation naturelle modérée, selon nos estimations, laissent à penser que le risque de parasitisme des individus déversés peut être réduit en sélectionnant des sites de déversement moins accessibles aux anguilles « naturelles ».

5. CONSTATS ET RECOMMANDATIONS DU COMITE D'EXPERTISE MANDATE PAR LE GRISAM

1. Avant-propos. Cadrage du travail du Comité

Lorsqu'il s'inscrit dans un objectif de soutien à l'espèce en phase de restauration, un transfert de civelles, comprenant la pêche de civelles, leur stockage éventuel chez le pêcheur, leur transport jusqu'au mareyeur, leur stockage chez le mareyeur (*plus ou moins long et de divers conditionnements*), et enfin leur conditionnement pour le transport et leur déversement (*dans un site plus ou moins éloigné du lieu de capture*), peut être mise en œuvre avec des objectifs différents :

- **Action de gestion raisonnée** au sein d'un bassin versant ou d'une unité de gestion pour résoudre, au moins temporairement, des **problèmes de transparence migratoire** au niveau de certains axes (*obstacles physiques ou physico-chimiques (bouchon vaseux, secteurs pollués, …)*),

- **Orientation de civelles vers des habitats à fort potentiel d'accueil**, mais peu, pas ou plus colonisés de manière naturelle et qui ne peuvent pas l'être à court et moyen terme même avec des efforts sur la libre circulation (*trop éloignés de la mer par exemple*).

Au vu des grandes inconnues actuelles constatées par le Working Group on Eel du CIEM et de la CECPAI sur les retombées biologiques de ces transferts, **deux types de connaissances nouvelles sont à cibler** :

- d'une part, l'identification des facteurs qui déterminent de façon significative le niveau de survie lors des premiers jours et mois après les lâchers et à plus long terme, conditionnent la quantité des argentées produites à partir des individus transférés sur un site donné,
- d'autre part, l'établissement du bilan en termes de survie et de qualité des argentées produites par un bassin versant entre le scenario naturel sous contraintes environnementales et anthropiques et le scénario avec transfert (*Figure 10*). L'objectif est de mesurer le gain de l'opération de transfert en termes de nombre de géniteurs produits.

Malgré les débats très controversés sur l'intérêt de ces transferts au sein de la communauté scientifique internationale, le Règlement européen les a retenus comme l'une des actions possibles de gestion. En effet, lorsque l'exploitation par pêche du stade civelle est maintenue dans le cadre d'un plan national de gestion, ce Règlement européen impose de réserver 60 % des captures pour réaliser des opérations de transferts en Europe. La mise en œuvre d'opérations de transfert dans ce cadre devrait offrir l'opportunité d'accroître le niveau des connaissances sur tout ou partie des deux objectifs évoqués précédemment.

Le Comité d'expertise s'est placé dans cette optique et a analysé les acquis des trois années de déversements réalisés en France entre 2011 et 2013 *(6 768 kg transférés sur 25 sites, près de 20 millions de civelles concernées*).

Le programme de transferts faisant l'objet de la présente expertise s'inscrit dans le Plan de gestion national, celui-ci visant sur toutes les UGA et bassins versants accueillant l'espèce, à respecter à terme un taux de survie « seuil » entre le stade civelles et le stade argenté de retour en mer, ces argentées devant être aptes à se reproduire (*capacité de traversée et bon potentiel reproducteur*). Un tel objectif suppose notamment la **maîtrise du cumul des mortalités d'origine anthropique** apparaissant lors des phases successives de colonisation, de croissance et de dévalaison.

Dans le règlement Anguille, l'obligation de réserver 60 % des captures pour transfert dans des eaux européennes dans le cas du maintien d'une exploitation civellière, a débouché en France sur un programme de transferts correspondant à environ 10 % du total des captures professionnelles.

Même si cet aspect échappe au cadre strict de la présente expertise, il serait important de faire le point après trois années de fonctionnement, sur le devenir (*transferts effectifs ? absence de demande et au final vente pour consommation ? ……*) du reste des captures réservées pour des transferts en Europe.

Lorsqu'il est mis en œuvre, tout transfert doit s'intégrer à l'objectif général de maîtrise des mortalités cumulées. Ceci suppose d'être très attentif aux mortalités induites par la capture, le

stockage (*chez le pêcheur et le mareyeur*) et les phases de transport (*influence majeure des modalités techniques et du savoir-faire des acteurs impliqués*) ainsi qu'à la mortalité lors de la phase de croissance sur les sites et enfin à la phase de dévalaison jusqu'à la mer.

Ce constat sous-entend donc une **bonne maîtrise des actions entre capture et déversement** *(qualité des individus et bon taux de survie)* **et une réflexion importante quant au choix des sites de déversement.**

2. Constats et Recommandations sur le choix des sites de déversement

Constats

Le regard porté sur les opérations 2011-2013 permet de repérer un certain nombre de tendances fortes quant au choix des sites de déversement :

- **Dominance des sites en cours d'eau**. Ils représentent en effet près des ¾ des sites retenus. Cette dominance augmente la probabilité de conflit ou tout au moins d'interaction avec d'autres actions collectives de gestion de l'espèce (*aménagement ou gestion des ouvrages pour une meilleure transparence migratoire*) ou d'autres usages de l'eau (*craintes exprimées par le secteur salmonicole notamment (élevages et milieu naturel)).* Ces derniers acteurs demandent la prise en compte des statuts sanitaires des zones de capture des civelles et des zones de déversement ainsi que la réalisation systématique d'un diagnostic NHI-SHV sur les lots avant transfert.

- **Forte dominance des sites localisés très en aval des bassins versants,** sites a priori colonisables de manière naturelle ce qui complique les suivis ultérieurs. Ce résultat apparaît très lié au poids de certains critères des grilles de sélection des sites (*forte note attribuée aux sites estuariens ou fluviaux aval, forte dégradation de la note si présence de turbines en aval*). De plus, tout au moins en Bretagne et Loire, ces sites très aval relèvent souvent du Domaine public fluvial pour lequel les démarches administratives liées au déversement apparaissent plus simples.

- **Peu ou pas de prise en compte de la qualité des habitats**. La grille d'évaluation insiste surtout actuellement sur la qualité de l'eau qui ne doit pas poser de problèmes majeurs (*contaminations avérées par PCB ou métaux lourds, observations régulières de mortalités, fréquents assecs*,….), sur l'exploitation par pêche qui doit être inexistante ou peu développée et enfin sur le parcours jusqu'à la mer qui ne doit pas être impacté au-delà d'un certain seuil.

- **Absence au sein de la grille de sélection, de critères évaluant la plus ou moins grande faisabilité technique des suivis sur les sites à court, moyen voire long terme.** Pourtant le bilan bibliographique met en relief les nombreuses inconnues actuelles sur les retombées biologiques des opérations de transfert et chaque opération devrait donc être conçue pour contribuer à une avancée des connaissances.

Recommandations :

- ✓ Les sites de déversement doivent correspondre dans un premier temps à des habitats favorables à l'accueil des jeunes civelles (*peu profonds, avec abris adaptés*), puis pour les phases ultérieures, à la croissance de l'anguille jusqu'à l'argenture (*habitats connectés de plus en plus profonds et ressources trophiques (poissons blancs, invertébrés,….*)).

La zone de croissance et le parcours de dévalaison à partir de tout site de déversement ne doivent pas être impactés de manière significative notamment par des pêcheries ou des turbines. Cependant, il convient de veiller à ce que cette recommandation n'exclue pas de manière systématique les sites amont des cours d'eau qui présentent un **bon potentiel d'accueil notamment pour les jeunes stades** (qualité des habitats, ressource trophique) et qui constituent les habitats historiques de colonisation par les anguilles.

Il souhaiterait voir potentiellement éligible tout site d'un bassin versant ou d'une UGA, pour peu qu'il ait été anciennement colonisé et qu'il présente une bonne qualité d'eau et d'habitats notamment pour l'accueil des jeunes stades (zones peu profondes (*30-40 cm maxi*)) avec présence importante d'abris (*sables, graviers, réseaux racinaires, litière végétale, herbiers, rives avec hélophytes, bras morts,….*) à proximité des points de lâcher.

Le Comité propose donc une phase de choix des sites s'opérant en deux temps :

- Le choix de la zone ou des zones d'intervention privilégiées au sein des UGA ou des bassins versants. Les critères généraux de qualité d'eau, d'exploitation limitée et de parcours aval peu ou pas impacté seraient alors pris en compte à l'identique de la grille actuelle pour ces critères. Les sites ayant des notes équivalentes pourraient également être hiérarchisés selon l'intensité des pressions subies par les anguilles (*certains ouvrages sont par exemple plus franchissables et/ou plus impactants que d'autres*). Ces zones pourraient donc indifféremment être situées très en aval ou beaucoup plus en amont des BV, être des cours d'eau, des plans d'eau ou des zones de marais.

  On notera pour les plans d'eau un certain nombre d'atouts (*distinction claire avec les réseaux ouverts et les actions qui y sont menées, large gamme d'habitats connectés, surveillance plus aisée en termes d'exploitation, existence possible de pièges de dévalaison sur les exutoires*). Cependant, on sera bien sûr attentif à exclure les plans d'eau avec sorties par conduite forcée, conduite de débit réservé mal adaptée ou *via* des turbines. Sur ces plans d'eau, les suivis apparaissent pour le moment plus difficiles et devraient donc faire l'objet d'adaptations méthodologiques. En effet, jusqu'à présent, les suivis de ce type de milieu étaient effectués *via* l'utilisation d'engins passifs, qui semblent défavorables à la capture des individus déversés. La pêche électrique pourrait, par exemple, être envisagée dans les zones rivulaires, sachant que ces dernières sont généralement constituées par les habitats les plus propices aux jeunes stades.
  Par ailleurs, les zones de marais sont attendues comme étant favorables à ces transferts dans la mesure où les habitats recherchés par les jeunes anguilles sont très nombreux. Cependant, seuls trois transferts ont eu lieu dans des marais, dont l'un n'a pas fait l'objet de suivi. Le

suivi des deux autres marais a révélé qu'une cartographie du réseau hydrologique de ces zones apparaît essentielle pour évaluer l'efficacité des transferts.

- Le choix plus précis des zones de lâchers au sein des zones retenues prendra en compte les secteurs à fort potentiel d'accueil pour les jeunes stades, tout en ayant un potentiel d'accueil à proximité pour les anguilles qui découleront. Pour ce faire, le Comité recommande que le porteur de projet se rapproche d'opérateurs locaux (*Associations de pêche, Fédérations de pêche, techniciens rivière, SD et DIR Onema*) ayant souvent la connaissance de ce type d'information, et se déplace sur le site retenu afin de procéder à une reconnaissance mentionnant des critères précis à considérer et de cartographier la zone de déversement lors de la phase de constitution du dossier.

✓ Enfin, en lien avec le choix des sites et des points de déversement apparaît la nécessité **d'ajuster la quantité de civelles à déverser à la surface d'habitat d'accueil**, quantité qui varie fortement selon les projets, malgré les recommandations de l'appel à projets.

En effet, à la fois pour l'accueil des jeunes stades dans les jours et les semaines qui suivent le déversement, mais aussi ultérieurement pour l'accueil des anguilles qui en seront issues, la surface en eau des sites doit bien sûr être adaptée au nombre d'individus déversés.

Pour donner des ordres de grandeur, il apparait biologiquement déraisonnable d'aller au-delà d'un déversement moyen de 50 civelles par m² d'habitats favorables pour ces jeunes stades (*moins de 40 cm d'eau avec nombreux abris (radiers, substrats meubles, graviers, herbiers, litière organique,…..*)) dans les 500 mètres encadrant le point de déversement.

Le déversement d'une caisse de 4 à 5 kg de civelles sur un point suppose donc *a minima* la présence de 200 à 300 m² d'habitats favorables et disponibles (*certains sites peuvent être naturellement colonisés*) dans les 500 mètres l'encadrant.

La même contrainte biologique amène à ne concevoir les lâchers de 400 à 500 kg de civelles que sur des sites de grandes dimensions (besoin de 2 à 3 ha d'habitats favorables peu profonds). Dans ce cas seuls des zones fluviales ou des grands plans d'eau paraissent pouvoir convenir avec un impératif de forte dispersion des points de lâcher réalisable techniquement par bateau.

✓ Ainsi, les dossiers transmis au comité de sélection de l'appel à projets pour validation finale du choix des sites et des quantités déversées correspondantes devraient comporter un argumentaire reprenant ces différents points (*surface en eau de la zone, habitats pour les jeunes stades, nombre de points effectifs de lâcher et répartition géographique, stratégie de déversement, stratégie de suivi*).

3. Constats et recommandations sur les analyses sanitaires

1. EVEX et autres virus

Constats

Les méthodologies d'échantillonnage sont définies théoriquement dans l'appel à projet.

L'échantillonnage. En épidémiologie, pour pouvoir répondre à la présence d'un pathogène pour une maladie dont la prévalence est supposée de 2%, avec un risque d'erreur de 5%, il faut analyser 150 sujets. Pour les transferts de 2011 à 2013, ce nombre a été réduit à 60 sujets, voir 30, 20 et même parfois 10 sujets, menant à un risque d'erreur de 40% (pour le cas de 60 sujets), soit presque un résultat faux négatif possible sur deux.

La technique de recherche virale. L'isolement sur culture cellulaire, pratiqué sur 2 lignées EPC et RTG2 à 14°C permet l'isolement à la fois des virus SHV, NHI, NPI et EVEX. C'est une technique sensible qui permet de dépister un animal positif dans un mélange de 10, validée comme méthode de référence normalisée AFNOR (NF U 47-220-221-222) pour la NHI, la SHV et la NPI. Malgré l'inconvénient de la durée de mise en œuvre de 14 jours, elle offre l'avantage de pouvoir faire **un screening de virus** là où la PCR travaille par cible d'une souche de virus, voire d'un variant au sein d'une famille (ex : une cible EVEX, une cible EVA) ce qui nécessite de multiplier les analyses et coûte plus cher.

Les techniques PCR sont par ailleurs parfois aussi assez complexes pour répondre aux besoins de spécificité (*ne pas croiser avec d'autres virus de la même famille*) et de sensibilité (*détecter de très faibles charges virales dans le bon organe*) et nécessitent plusieurs jeux d'amorces complémentaires pour aboutir à une réponse d'identification de souche virale. Elles sont tributaires de la variabilité de ces souches et doivent intégrer les nouveaux variants découverts au fil des années pour ne pas passer à côté.

C'est pourquoi, malgré les contraintes de temps, la culture cellulaire reste la technique privilégiée en épidémiologie pour établir des prévalences. La PCR intervient en complément pour donner des informations biomoléculaires et phylogénétiques ainsi que des charges virales par analyse quantitative dans les organes. Elle permet de décrire précisément le mode de contamination dans l'organisme.

Recommandations

- ✓ Tout d'abord, l'expertise des données sanitaires présupposait que l'ensemble des données sanitaires existantes sur les anguilles françaises sont accessibles au comité afin de pouvoir s'appuyer sur les prévalences historiques des agents pathogènes étudiés.

Or, il s'est avéré que malgré les contacts pris avec diverses personnes (*cf.* Remerciements), il n'a pas été possible de dresser un bilan exhaustif des résultats EVEX depuis le début de sa mise en évidence en France en 1980 de par l'absence de synthèse réalisée par aucun des acteurs travaillant sur ce sujet.

- ✓ Afin de fiabiliser les résultats, il est nécessaire de ne faire que des **échantillons de 150 individus** quel que soit le virus recherché, pour avoir une sensibilité qui permette une interprétation des résultats, comme le recommandent les canadiens (Threader *et al.*, 2011). Le fait de les traiter en mélange de 10 ne change rien à cette détectabilité puisque la méthode est reconnue pour détecter un positif dans 10.

- ✓ Vis-à-vis de l'EVEX, il serait inutile de poursuivre les analyses comme jusqu'à présent, il est indispensable de travailler dans un premier temps à l'établissement d'une **cartographie des prévalences par bassin versant**, sur plusieurs classes d'âge et à divers niveaux des cours d'eau de l'aval vers l'amont. Ceci peut être réalisé sur une année complète (*prise en compte du facteur temps dans la détection du virus*). Dans un deuxième temps, les nouvelles connaissances sur la répartition du virus permettront une discussion sur le bien-fondé de maintenir un dépistage durant la quarantaine et éventuellement, l'outil PCR aura pu être adapté à un dépistage dans ce contexte.

- ✓ **les examens viraux doivent être maintenus** pour protéger les sites salmonicoles indemnes des virus SHV et NHI et donc ils pourvoiront à enrichir les données sur l'EVEX et sur la NPI lorsqu'ils seront positifs.

Les virus SHV et NHI, qui appartiennent aux dangers sanitaires de 1ère catégorie, listés en annexe IV de la Directive 2006/88/CE, affectent les salmonidés. Cependant, l'anguille a été reconnue capable de véhiculer au moins la SHV (Castric *et al.*, 1992) et cohabite en estuaires avec des salmonidés susceptibles d'être contaminés.

Les compartiments reconnus indemnes de ces virus le sont en limite des estuaires ouverts sur la mer de statuts inconnus, et le risque est réel de transférer des civelles porteuses du virus dans les zones ou compartiments du bassin versant indemnes.

La Directive préconise à cet effet de respecter une quarantaine d'isolement, en circuit fermé indépendant du cours d'eau, durant laquelle des tests virologiques doivent être réalisés, permettant en cas de négativité, l'intégration dans le compartiment indemne.

- ✓ La NPI est le proche cousin de l'EVE, qui est connu comme parfois pathogène pour l'anguille européenne, et de sûr à l'origine de mortalités avec une branchionéphrite et atteinte rénale sévère chez *Anguilla japonica* (Sano *et al.*, 1981), mais elle est présente très largement chez les salmonidés du milieu naturel et chez un bon nombre d'autres espèces tant marines que d'eau douce qui peuvent l'héberger sans en souffrir.

Il est donc nécessaire d'éviter de la transmettre au stade civelle pour lequel elle serait plus pathogène, surtout lors de stockage en surdensité. Sa recherche ne nécessite pas une autre méthode que celle employée pour la recherche de l'EVEX, la SHV et la NHI.

- ✓ Par ailleurs, il va de soi qu'il est plus rationnel de faire faire le dépistage de tous ces virus en même temps dans une seule recherche et donc par le même laboratoire, pour réaliser des économies et de réaliser ces analyses dans la quinzaine qui précède la date de déversement.
  En cas de résultat positif viral en EVEX, SHV, NHI ou NPI, le comité recommande le retrait du lot.

2. Parasites

Constats

Pour éliminer les lots contaminés, il faut intervenir à un stade où le *A. crassus* est dépistable, soit sur des stades VIA2 ou VIA3 qui ont commencé à s'alimenter, ce qui n'est pas mentionné dans les rapports du laboratoire réalisant la parasitologie.

De même, il est nécessaire d'effectuer cette analyse le plus proche possible du déversement afin de détecter des contaminations qui auraient eu lieu en stockage chez les mareyeurs. En effet, les conditions de stockage peuvent engendrer des inter-contaminations de lots par le biais d'un aliment vif de crustacés. Le délai de passage des L3 du tube digestif vers la vessie natatoire est de 17 heures à 20°C (Ashworth and Blanc, 1997). Le stockage devrait avoir lieu en circuit fermé, et sans alimentation.

La méthode employée reste indéfinie, non standardisée ce qui peut amener des dérives et un manque de fiabilité des résultats, elle devrait être rédigée par un organisme compétent, comme l'OIE (mais cette parasitose ne figure pas sur la liste des maladies étudiées par l'OIE malheureusement) et les laboratoires la pratiquant également aptes à faire une évaluation de stades pigmentaires.

Recommandations

- Il est nécessaire de **maintenir la recherche d'*A. crassus***, dans le seul objectif de réduire la pression parasitaire. Cette recherche peut être améliorée par standardisation de la méthode et couplage avec l'évaluation de stades pigmentaires, et à réaliser le plus tard possible avant déversement.

En cas de résultat positif, le comité recommande le retrait du lot.

- En revanche, le **bilan parasitaire externe reste un examen juste informatif**, non indispensable dans le contexte de repeuplement.

En effet, la présence du monogène *Pseudodactylogyrus* du genre *anguillae* ou *bini*, ou de protozoaires tels que *Ichthyophtirius multifiliis* sur des poissons sauvages ne fait que traduire qu'ils sont cosmopolites, et en aucun cas il ne faudrait les prendre en considération comme des critères de rejet des lots de poissons en vue de repeuplement.

S'ils sont présents en grande quantité, ils peuvent engendrer des lésions externes qui seront visibles par les tests de coloration au carmin indigo, ce test pouvant répondre à l'état sanitaire global de l'épiderme.

4. Constats et recommandations sur les modalités de stockage et de conditionnement des civelles pour le transport avant déversement

Constats

La qualité des individus déversés résulte :

- des pêcheurs à l'origine de la capture et du premier stockage à bord, voire chez le pêcheur,
- des mareyeurs pour tout ce qui relève du stockage sur la durée en attente des résultats des analyses sanitaires et du conditionnement pour le transport vers les sites de déversement et du transport en lui-même.

Le programme 2011-2013 a permis d'évaluer le taux de lésion des civelles au départ de la structure de mareyage (*évaluation normalisée par coloration au bleu carmin-indigo*).

Les données disponibles tant en termes de survie à 15 jours en conditions de laboratoire ou en cages de survie en milieu naturel qu'en termes d'indice de présence lors de suivis à 6 mois, 12 mois et 3 ans après les lâchers mettent en relief l'importance de la qualité des individus déversés.

Les taux excessifs de lésion, mais aussi dans certaines structures, **la montée excessive en température** avec en corollaire une accélération du phénomène de pigmentation des civelles (*stades pigmentés se nourrissant naturellement et confinés ici à jeun sur des périodes significatives d'où leur affaiblissement et leur moins bonne survie*), **l'absence de contrôle et de maitrise de l'oxygénation ou du renouvellement de l'eau** et enfin l'utilisation dominante voire unique de **l'eau potable** (traitement par chloration) sont autant de facteurs qui pèsent sur le niveau de survie observé à 15 jours dans les structures de contrôle.

Les résultats de calculs de survie apparente (*cf.* partie 4.5.1) suggèrent qu'une probabilité de survie à 15 jours supérieure à 85 % améliore la survie des individus déversés, notamment à 6 mois. Il est alors possible de fixer des seuils de « tolérance » pour deux facteurs aisément vérifiables la veille du déversement, standardisables entre les projets et *a minima* contrôlables au cours des phases de pré-déversement (pêche et stockage), à savoir le stade pigmentaire (*qui dépend à la fois de la période de pêche et des conditions de stockage des civelles*) et le taux de lésions. Ces seuils sont définis à partir du modèle de mortalité (*cf.* partie 4.4.1) afin qu'il y ait 75 % de chances que la probabilité de survie à 15 jours soit supérieure à 85 % (*Figure 53*).

Des prédictions ont été effectuées en utilisant comme valeurs « référence » : l'année 2012, le vivier le plus fréquemment sollicité, un indice de condition de 100, un lot de civelles marquées et des expérimentations en laboratoire (pour ne pas inclure un effet site). En revanche, deux facteurs n'ont pas été fixés : un taux de lésions de 0 à 25 % et une occurrence de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 de 0 à 0.5 ont conduit à produire 36 scenarii possibles.

Les résultats de ces scenarii soulignent qu'un pourcentage de civelles de stades supérieurs à VIA2 de plus de 20 % (*la veille du déversement*) ne permet pas d'atteindre l'exigence fixée (soit 75 % de chance que la probabilité de survie soit supérieure à 85 %, *Figure 53*), quel que soit le pourcentage de lésions. Au vu des résultats sur la distribution des stades pigmentaires (*Figure 53*), il semble difficile de trop contraindre le seuil de « tolérance » concernant le stade pigmentaire dans la mesure où un peu plus d'un tiers des lots (13 sur 30) et deux tiers des lots présentent respectivement au

moins 20 % et 10 % de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2. Il apparaît alors raisonnable de préconiser un seuil de « tolérance » de 20 % pour ce facteur. La *Figure 53* met alors en évidence qu'à ce seuil correspond un seuil de « tolérance » de 10 % pour le taux de lésions. **Ces seuils sont définis comme des « seuils de tolérance » c'est-à-dire des seuils en dessous desquels la qualité des civelles est tolérable. Il ne faut pour autant pas négliger le fait qu'un pourcentage de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 et un taux de lésions nuls sont à favoriser au maximum afin d'optimiser la qualité des civelles déversées** (boxplot violet, *Figure 53*)**, et donc leur survie.**

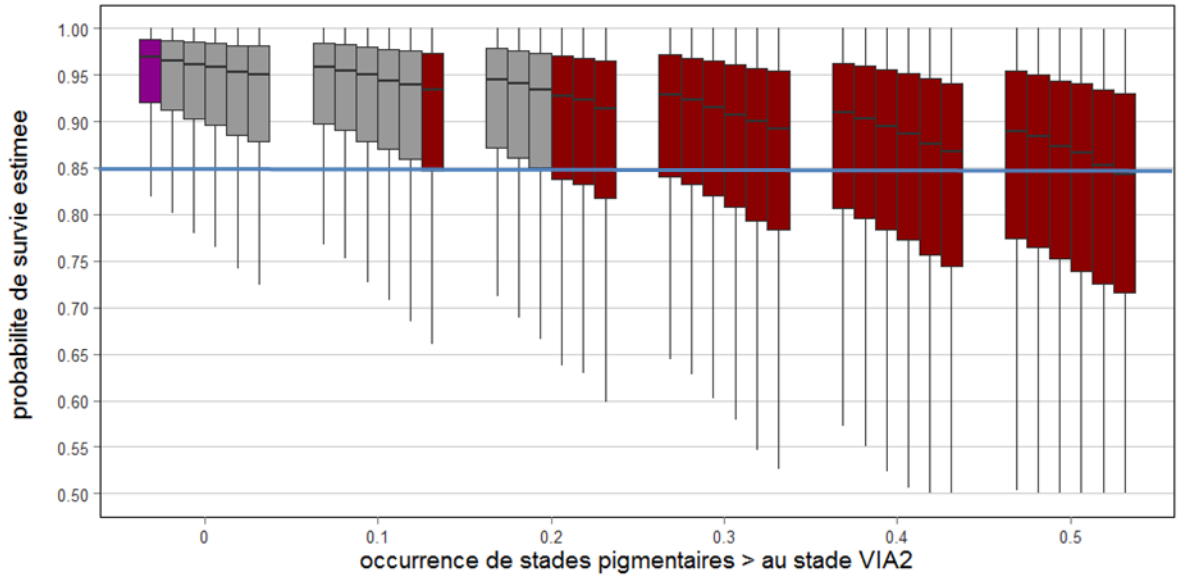

Figure 53 : distribution de la probabilité de survie à 15 jours estimée par le modèle de mortalité selon l'occurrence de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2 et le taux de lésions. Pour chaque occurrence de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2, 6 taux de lésions sont représentés (de gauche à droite : 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 %). La condition « référence » est représentée en violet(année 2012, vivier le plus fréquemment sollicité, indice de condition moyen de 100, absence de lésion, 0 % de civelles de stades supérieurs au stade VIA2). Les conditions pour lesquelles il y a au moins 25 % de chances que la probabilité de survie à 15 jours estimée par le modèle soit supérieure à 85 % (limite représentée par la ligne bleue) sont représentés en gris. Les conditions ne remplissant pas cette exigence sont représentée en rouge.

Les conditions de stockage des civelles chez le mareyeur peuvent contraindre la qualité des civelles (dont le stade pigmentaire). Ainsi, dans certaines structures, l'oxygénation peut ne pas être assez maitrisée voire absente (brassage à l'air contraignant les individus à nager et donc à s'épuiser). Le recours à l'utilisation d'eau potable et la qualité de certains pompages peut également poser problème. Le recours à la filtration avec UV est en revanche très peu développé. Les structures en mesure de conserver les civelles à une température constante et indépendante des conditions climatiques et de la saison (*système de refroidissement efficace*) sont peu nombreuses.

Recommandations

Le Comité recommande :

- ✓ l**e respect dans un premier temps d'un taux maximal de 10 % de lésions révélées au bleu carmin-indigo au départ de la structure de stockage** *(il serait souhaitable à terme d'abaisser ce*

seuil au plus proche de 0 possible). Sur la phase 2011-2013, ces taux n'ont été respectés que dans **70 %** des cas et souvent sur les mêmes sites et avec les mêmes opérateurs. Lors du débarquement des civelles, un égouttage prolongé des civelles avec une perte de mucus devrait être évité, car ce dernier est reconstitué en puisant dans les réserves énergétiques des civelles.

- ✓ l**e respect d'un pourcentage maximal de 20 % de civelles de stades pigmentaires supérieurs au stade VIA2** la veille du déversement *(il serait également souhaitable à terme d'abaisser ce seuil au plus proche de 0 possible)*. Sur la phase 2011-2013, ces taux n'ont été respectés que dans **57 %** des cas. Différentes mesures peuvent être prises pour assurer cette recommandation :
  - **fixer une date butoir correspondant à 70 % de la saison de pêche sur un site donné** de manière à favoriser les jeunes stades et à éviter le plus possible les épisodes thermiques élevés posant problème à la fois en termes de pigmentation rapide des civelles avec affaiblissement lorsqu'elles sont stockées à jeun, mais aussi lors de la phase de déversement (*écart thermique maximum acceptable entre caisse de transport (après acclimatation) et milieu naturel de 2°C lors du lâcher, respecté dans 75 % des cas sur la phase 2011-2013 (24 projets renseignés*).
  - **d'associer des structures de stockage disposant d'une alimentation sur eau naturelle** (*cours d'eau ou forage*), avec **maîtrise de la température** (*thermorégulation ou adaptation du taux de renouvellement de l'eau*) **et de l'oxygénation des bacs**. **Il serait intéressant de définir un niveau d'exigence minimum sur les installations des mareyeurs (Soulier *et al.*, 2013).**
  - Enfin, les individus morts doivent être retirés des viviers tous les jours. Une pesée journalière pourrait permettre de suivre la mortalité chez le mareyeur. Par déduction à la quantité achetée, la perte de poids lors du stockage chez le mareyeur pourrait être quantifiée.

- ✓ **d'utiliser des caisses de conditionnement pour le transport** qui évitent les amas de civelles en atmosphère non thermiquement maîtrisée, ni suffisamment oxygénée (*préférence pour caissettes pour 5 kg avec plateaux superposés, compartiment séparé par la glace (en bouteille) et oxygénées avant fermeture*).

- ✓ **d'être attentifs aux poids effectivement déversés.** Le poids « mouillé » sert à calculer le nombre de civelles déversées à partir du poids total. **Il doit donc être mesuré dans les mêmes conditions que le poids total en termes d'égouttage notamment**. Ces éléments constituent la référence pour évaluer *in fine* l'efficacité des transferts. On notera d'ailleurs que toute surestimation de ce paramètre (*nombre de civelles déversées)* augmente fortement la probabilité d'un diagnostic final médiocre pouvant déboucher à terme sur la possible remise en cause de ces opérations…

Ces objectifs sont donc tout à fait réalisables, mais supposent une démarche volontaire des pêcheurs et des mareyeurs pour fournir une qualité de civelles en rapport avec les objectifs des opérations de transfert.

5. Constats et recommandations sur le suivi

- ✓ Le Comité souhaite souligner tout l'intérêt qu'il y aurait à profiter de tout ou partie des actions de transfert **pour accroître le niveau de connaissances des retombées biologiques de ces actions**, notamment **en termes d'anguilles argentées produites** (*qualité, quantité*).

La démarche mise en œuvre de 2011 à 2013 à l'échelle de l'ensemble des 25 sites de lâcher ne permet d'accéder qu'à une petite partie de cet objectif (*niveaux de croissance, niveaux de dispersion, mortalité à 15 jours suite au marquage et à la mise à l'eau, ratio marquées/non marquées sur les sites de lâcher et à proximité*) et ce, de manière incertaine.

Ces informations sont importantes et permettent déjà de disposer de toute une somme de connaissances de nature surtout qualitative amenant à mettre en relief l'importance de certains paramètres (*influence de la qualité des civelles* (*stade pigmentaire, niveaux de lésion*), *importance de la prise en compte des habitats favorables aux jeunes stades dans le choix des sites*,…..) sur les indices relevés à 6 mois, 1 an et 3 ans.

En revanche, l'objectif d'évaluation de la production d'argentées par la zone ayant fait l'objet d'un lâcher supposerait un suivi sur une longue durée et avec des moyens techniques plus adaptés (*piège de dévalaison permettant de travailler efficacement sur une large gamme de débits, antenne RFID couplée avec un marquage amont des jaunes, surveillance totale ou partielle par Didson,…*).

Ce type de démarche ne peut être déployé sur un grand nombre de sites et suppose l'implication d'équipes scientifiques épaulées par des partenaires techniques. Il devrait donc faire l'objet d'un appel à projets spécifique pour retenir 2 ou 3 projets au niveau national sur des hydro-systèmes différents avec un suivi de la phase de dévalaison et/ou du stock en place à prévoir sur au moins 15 ans, voire 20 ans.

- ✓ Un deuxième objectif en termes d'amélioration des connaissances concerne **le comportement des civelles relâchées en milieu naturel** avec l'incertitude qui persiste actuellement sur leur niveau de dispersion soit par reprise d'un comportement migratoire pour certaines d'entre elles, soit par dévalaison par exemple lors d'épisodes de crue pour d'autres. Les mêmes commentaires que pour le premier objectif peuvent être proposés, à savoir initier ce type d'observation sur quelques sites s'y prêtant bien, par exemple en élargissant la zone de suivi.

- ✓ Sur certains sites, **aucun marquage** n'a été effectué. Nous constatons, *a posteriori*, une superposition des classes de taille des anguilles issues de la colonisation naturelle et issues des déversements, rendant compliqué, voire impossible l'évaluation de ces opérations. **L'absence de marquage doit être réservée aux sites pour lesquels l'absence totale d'anguilles de moins de 30 cm est attestée et qui ne subiront pas d'amélioration de la continuité dans les 3 ans suivant l'opération de déversement.**

Sur les sites ayant un recrutement naturel (ici, présence d'anguilles de moins de 30 cm), seule la récupération d'anguilles marquées permet une évaluation. Cette récupération peut être optimisée par l'augmentation du nombre d'anguilles autopsiées et l'augmentation du nombre d'anguilles marquées. Par ailleurs, en cas de marquage partiel ou en cas d'opérations de déversement réalisées

durant plusieurs années consécutives, seul l'âgeage de tous les individus autopsiés permet d'évaluer correctement la proportion d'individus marqués de la cohorte recherchée dans la population.

A chaque fois que cela sera possible, un marquage total devra être effectué. En cas d'impossibilité technique, la partie du lot qui fera l'objet du marquage devra être déversée sur des points bien identifiés et sans mélange avec des civelles transférées non marquées. L'idéal serait de déverser les marqués au centre de la zone de transfert afin de pouvoir étudier la dispersion amont et aval lors des suivis ultérieurs et ainsi, de mieux standardiser à terme, les préconisations en termes de délimitation de la zone d'observation.

Dans une optique de marquages successifs sur un site (plusieurs années de suite), il serait intéressant de disposer **d'un autre type de marquage de masse**.

- ✓ Enfin, **les sites en plan d'eau ou zone de marais** (*à l'exception de ceux permettant le suivi de la dévalaison*) montrent des différences dans les approches menées en termes de méthodes de suivi et sont difficiles à intégrer dans le traitement ultérieur des données.

Ces milieux représentent pourtant un potentiel d'accueil significatif qu'il serait dommage d'écarter des sites potentiels de lâcher si les transferts se poursuivaient. Ils présentent également des types de milieux sur lesquels il peut y avoir des taux de survie importants entre la phase civelle et la dévalaison des argentées (suivis en Europe du Nord). Ces systèmes sont à l'évidence différents des cours d'eau et il semble logique d'adapter les modalités de suivi à leurs caractéristiques particulières en acceptant le fait de ne pas normaliser les méthodes sur l'ensemble des sites pour peu que les objectifs poursuivis soient identiques.

Des adaptations méthodologiques sont donc à étudier sur ces types de milieux tant pour **l'évaluation des surfaces favorables** aux très jeunes individus (en première approximation, 80 % de la surface totale en eau en marais doux littoral, 0.5 à 1.5 % de la surface en eau sur des plans d'eau de plus de 50 ha) que pour **les méthodes d'échantillonnage** :

- pour suivre la répartition et le niveau d'abondance des petits individus (moins de 15 cm) dans les grands plans d'eau, le recours aux sondages par points de pêche électrique en zone littorale et en bateau paraît s'imposer. Les engins passifs (verveux 4mm notamment) ne sont en effet pertinents que pour le suivi des classes de taille supérieures à 13-15 cm et ils ont de plus besoin d'une profondeur minimale pour être mis en œuvre, ce qui n'est pas souvent le cas en zone littorale végétalisée des grands plans d'eau.
- en revanche, pour le suivi de l'évolution du stock en place à partir de deux à trois ans après le transfert, ces verveux ont toute leur utilité. Ils peuvent d'ailleurs permettre dans certains sites, de marquer les anguilles jaunes dans le cadre d'une évaluation par marquage-recapture,
- enfin pour le suivi à moyen et long terme, la surveillance de l'échappement des argentées est souvent réalisable en sortie de ces systèmes au moyen de structures adaptées (pièges, antennes, …..).

6. REMERCIEMENTS

Le Comité souhaite remercier Pierre-Marie CHAPON pour les nombreuses discussions à propos des nombreux documents à disposition pour cette expertise et pour sa disponibilité concernant les questionnements et les modifications de la base de données. Merci également à Jéremie SOUBEN pour avoir fourni des informations supplémentaires sur les opérations de transferts.

Enfin, le Comité souhaite également remercier toutes les personnes ci-dessous qui se sont rendues disponibibles pour apporter matière à discussion concernant les analyses sanitaires :

- Dr Patrick Girard, vétérinaire praticien
- Dr Thierry Morin directeur, et Joëlle Cabon technicienne ANSES Brest
- Dr Jean Christophe Raymond et Nicolas Michelet du CNPMEM
- Dr Ségolène Calvez, enseignante chercheur à l'ONIRIS
- Dr Marc Morand, vétérinaire aquacole retraité
- Dr Laurent Bigarré, biologiste moléculaire à ANSES Brest
- Elsa Amilhat, chercheur à l'Université de Perpignan

7. BIBLIOGRAPHIE

Adam, G., Feunteun, E., Prouzet, P., and Rigaud, C. 2008. L'anguille européenne : indicateurs d'abondance et de colonisation. QUAE. 400 pp.

Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *In* Second international symposium on information theory, pp. 267-281. Ed by B. N. Petrov and F. Csáki. Akadémiai Kiado, Budapest.

Ashworth, S.T., and Blanc, G. 1997. *Anguillicoloïdes crassus*, un colonisateur agressif récemment introduit dans les stocks européens d'anguilles. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 344/345: 335-342

Babut, M., Mathieu, A., Pradelle, S., Marchand, P., Le Bizec, B., and Perceval, O. 2013. Nationwide PCB congener pattern analysis in freshwater fish samples in France. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems: 07.

Baldwin, L. and Aprahamian, M. 2012. An evaluation of electric fishing for assessment of resident eel in rivers. Fisheries Research, 123/124: 4-8

Belpaire, C., Geeraerts, C., Evans, D., Ciccotti, E., and Poole, R. 2011. The European eel quality database: towards a pan-European monitoring of eel quality. Environmental Monitoring and Assessment, 183: 273–284.

Bisgaard, J., and Pedersen, M. I. 1991. Mortality and growth of wild and introduced cultured eels (Anguilla anguilla (L.)) in a Danish stream, with special reference to a new tagging technique. Dana, 9: 57–69.

Blackwell, B. G., Brown, M. L., and Willis, D. W. 2000. Relative Weight (Wr) Status and Current Use in Fisheries Assessment and Management. Reviews in Fisheries Science, 8: 1–44.

Blanc, G. 1994. Biologie du cycle d'*Anguillicoloïdes crassus* (Nematoda, Dracunculoidea), contrôle thérapeutique de ses populations. University de Perpignan, Montpellier. 355pp.

Bodin, M., Bonnet, N., Boisneau, P., and Boisneau, C. 2011. Échantillonnage 2010-2011 des anguilles argentées du bassin de la Loire capturées au guideau à l'amont d'Ancenis, mesures biométriques, contamination par *Anguillocoloides crassus* et indice d'abondance. Association Agréée Interdépartementale des Pêcheurs Professionnels en eau douce du Bassin de la Loire et des cours d'eau Bretons (A.A.I.P.P.B.L.B), Chisseaux.

Briand, C. Sauvaget, B., Girard, P., Veron, V., Fatin, D., and Beaulaton, L. 2012. Push net fishing seems to be responsible for injuries and post fishing mortality in glass eel in Vilaine estuary (France) in 2007. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems: 02.

Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2002 Information and likelihood theory: a basis for model selection and inference. *In* Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach, pp. 49–98. Ed by K.P. Burnham and D.R. Anderson), Springer-Verlag, New York.

Capoccioni, F., Lin, D., Iizuka, Y., Tzeng, W.-N., and Ciccotti, E. 2014. Phenotypic plasticity in habitat use and growth of the European eel (*Anguilla anguilla*) in transitional waters in the Mediterranean area. Ecology of Freshwater Fish, 23: 65–76.

Caraguel, J.-M., Charrier, F., Mazel, V., and Feunteun, E. 2014. Mass marking of stocked European glass eels (*Anguilla Anguilla*) with alizarin red S. Ecology of Freshwater Fish, 24: 435–442.

Castric, J., Jeffroy, J., Bearzotti, M., de Kinkelin, P., and de Kinkelin, P. 1992. Isolation of viral haemorrhagic septicemia virus (VHSV) from wild elvers *Anguilla anguilla*. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 12: 21-23

Conseil de l'union européenne 2006. Directive 2006/88/CE du Conseil du 24 octobre 2006 relative aux conditions de police sanitaire applicables aux animaux et aux produits d'aquaculture, et relative à la prévention de certaines maladies chez les animaux aquatiques et aux mesures de lutte contre ces maladies.

Conseil de l'union européenne 2007. Règlement (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes.

COSEPAC. 2012. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default_f.cfm.

Couillard, C. M., Verreault, G., Dumont, P., Stanley, D., and Threader, R. W. 2014. Assessment of Fat Reserves Adequacy in the First Migrant Silver American Eels of a Large-Scale Stocking Experiment. North American Journal of Fisheries Management, 34: 802–813.

Daverat, F. 2005. Tactiques d'utilisation des habitats et dynamique de population des anguilles de la zone aval du bassin versant Gironde Garonne Dordogne. University de Bordeaux 1. 199 pp.

Daverat, F., Beaulaton, L., Poole, R., Lambert, P., Wickström, H., Andersson, J., Aprahamian, M., *et al.* 2012. One century of eel growth: changes and implications. Ecology of Freshwater Fish, 21: 325–336.

Davey, A., and Jellyman, D. 2005. Sex Determination in Freshwater Eels and Management Options for Manipulation of Sex. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 15: 37–52.

Dekker, W., and Beaulaton, L. submitted. Faire mieux que la nature - the history of eel restocking in Europe. Environment and History.

EERLEP. 2005. Estimation of the reproduction capacity of Europeen eel. Quality of Life and Management of Living Ressources. Rapport final Période 1 nov. 2001-31 janv. 2005.

Fablet, R., Daverat, F., and De Pontual, H. 2007. Unsupervised Bayesian reconstruction of individual life histories from otolith signatures: case study of Sr : Ca transects of European eel (*Anguilla anguilla*) otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64: 152–165.

Feunteun, E., Laffaille, P., Robinet, T., Briand, C., Baisez, A., Olivier, J. M., and Acou, A. 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Towards a general theory. *In* Eel Biology, pp. 191–213. Ed. by K. Aida, K. Tsukamoto, and K. Yamauchi. Springer-Verlag, Tokyo.

Frotté, L., Feunteun, E., and Acou, A. 2012. État de l'art du repeuplement d'anguilles et de la mesure de son efficacité. rapport Onema-MNN. MNHN, Dinard.

Gandolfi-Hornyold, A. 1929. Recherches sur le sexe et l'âge de la petite anguille jaune en Anjou. Bulletin de la Société Zoologique de France, LIV: 214–245.

Geffroy, B. 2012, December 14. Déterminisme environnemental du sexe chez l'Anguille Européenne *Anguilla anguilla*. Université de Pau et des Pays de l'Adour. http://www.theses.fr/2012PAUU3035 (Accessed 29 November 2013).

Germis, G. 2009. Evaluation de l'état de la population d'anguille en Bretagne par la méthode des indices d'abondance "Anguille" de 2003 à 2008. Bretagne Grands Migrateurs. 61pp.

Haeen, O.L.M., Mladineo, I., Konecny, R., Yoshimizu, M., Groman, D., Munoz, P., Saraiva, A. *et al.* 2012. Diseases of eels in an international perspectives: Workshop on Eel Diseases at the 15th International Conference on diseases of Fish and Shellfish, Split, Croatie, 2011. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 32: 109-114.

Holmgren, K., Wickström, H., and Clevestam, P. 1997. Sex-related growth of European eel, *Anguilla anguilla*, with focus on median silver eel age. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 54: 2775–2781.

Huertas, M., and Cerda, J. 2006. Stocking Density at Early Developmental Stages Affects Growth and Sex Ratio in the European Eel (*Anguilla anguilla*). The biological bulletin, 211: 286–296.

Ibbotson, A., Smith, J., Scarlett, P., and Aprahamian, M. W. 2002. Colonisation of freshwater habitats by the European eel *Anguilla anguilla*. Freshwater Biology, 47: 1696–1706.

ICES. 2009. Report of the Study Group on Anguillid Eels in Saline Waters (SGAESAW). ICES CM/DFC:06. ICES, Copenhagen, Denmark.

ICES. 2011. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL). ICES CM 2011/ACOM:18. Lisbon, Portugal.

ICES. 2012. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL). ICES CM 2012/ACOM:18. Copenhagen, Denmark.

ICES. 2014. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel (WGEEL). ICES CM 2014/ACOM:18. Copenhagen, Denmark.

Jouanin, C., Briand, C., Beaulaton, L., and Lambert, P. 2012. Eel Density Analysis (EDA 2.x). Un modèle statistique pour estimer l'échappement des anguilles argentées (*Anguilla anguilla*) dans un réseau hydrographique. Onema, Irstea. http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00036398.

Josset, Q., Feunteun, E. and Acou, A. 2014. Le programme de repeuplement de l'anguille : bilan de trois années de suivi. Rapport de fin d'étude Agrocampus Ouest-MNHN. Agrocampus Ouest, Rennes. 33 p.

Laffaille, P., Feunteun, E., Baisez, A., Robinet, T., Acou, A., Legault, A., and Lek, S. 2003. Spatial organisation of European eel (Anguilla anguilla) in a small catchment. Ecology of Freshwater Fish, 12: 254–264.

Lambert, P. Feunteun, E., and Rigaud, C. 1994. Etude de l'anguille en marais d'eau douce. Première analyse des probabilités de capture observées lors des inventaires par pêche électrique. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335: 111-121

Lambert, P., and Rochard, E. 2007. Identification of the inland population dynamics of the European eel using pattern-oriented modelling. Ecological Modelling, 206: 166–178.

Lasne, E., Acou, A., Vila-Gispert, A., and Laffaille, P. 2008. European eel distribution and body condition in a river floodplain: effect of longitudinal and lateral connectivity. Ecology of Freshwater Fish, 17: 567–576.

Lasne, E., and Laffaille, P. 2008. Analysis of distribution patterns of yellow European eels in the Loire catchment using logistic models based on presence-absence of different size-classes. Ecology of Freshwater Fish, 17: 30–37.

Lasne, E., and Laffaille, P. 2008. Assessing the freshwater distribution of yellow eel. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2009004.

Letourmy, R. 2011. Analyse des caractéristiques biométriques, sanitaires et d'argenture des anguilles argentées de 2007-08 à 2010-11. Université François Rabelais, Tours. 36 pp.

Limburg, K.E., Hakan, W., Svedäng, H., Eleman, M., and Kristiansson, P. 2003. Do Stocked Freshwater Eels Migrate? Evidence from the Baltic Suggests 'Yes'. *In* Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels, pp. 275–284. Ed. by D. A. Dixon. American Fisheries Society Symposium, Bethesda, Maryland, USA.

Mathieu, A., and Babut, M. 2012. Contamination des poissons d'eau douce par des contaminants persistants : polychlorobiphényles (PCB), dioxines, furanes, mercure. Etude des relations biote-sédiment pour les PCB. Rapport final. Onema, Irstea.

Ministère de l'Ecologie, d. l. 2010. Plan de gestion anguille de la France - Application du règlement RCE n° 1100/2007 du 18 septembre 2007.

Ministère de l'Ecologie, d. l. 2012. Plan de gestion anguille de la France – Rapport de mise en œuvre – juin 2012. Article 9 du RCE n° 1100/2007. pp. 48–54 et Annexe 11.

Parsons, J., Vickers, K. U., and Warden, Y. 1977. Relationship between elver recruitment and changes in the sex ratio of silver eels *Anguilla anguilla* L. migrating from Lough Neagh, Northern Ireland. Journal of Fish Biology, 10: 211–229.

Pawson, M. 2012. Does translocation and restocking confer any benefit to the European eel population? A review. http://www.sustainableeelgroup.com/wp-content/uploads/2012/11/Eel-stocking-final-draft-MGP-CW-MG.docx.

Pedersen, M. I. 2000. Long-term survival and growth of stocked eel, Anguilla anguilla (L.), in a small eutrophic lake. Dana, 12: 71–76.

Pratt, T. C., and Threader, R. W. 2011. Preliminary evaluation of a large-scale American eel stocking experiment. North American Journal of Fisheries Management, 31: 619–628.

Roncarati, A., Melotti, P., Mordenti, O., and Gennari, L. 1997. Influence of stocking density of European eel (*Anguilla anguilla*, L.) elvers on sex differentiation and zootechnical performances. Journal of Fish Biology, 13: 131–136.

Sano, T., Okatamo, N., and Nishimura, T. 1981. A new viral epizootic of *Anguilla japonica*; Temminck and Schlegel. Journal of Fish Diseases, 4: 127-139.

Sauvaget, B., Fatin, D., and Briand, C. 2003. Contamination par *Anguillicoloïdes crassus* de cinq populations d'anguilles (*Anguilla anguilla*) du littoral de Bretagne Sud (France). Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture: 21–26.

Shiao, J. C., Lozys, L., Iizuka, Y., and Tzeng, W. N. 2006. Migratory patterns and contribution of stocking to the population of European eel in Lithuanian waters as indicated by otolith Sr:Ca ratios. Journal of Fish Biology, 69: 749–769.

Simon, J., and Dörner, H. 2013. Survival and growth of European eels stocked as glass- and farm-sourced eels in five lakes in the first years after stocking. Ecology of Freshwater Fish, 23: 40-48.

Soulier, L., Tragnan, A., Capes, A. and Chesneau, V. 2013. Visite sanitaire des sites de stabulation des civelles d'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) destinées au repeuplement. MEDDE, ONEMA, ARA France. 17 pp.

Stacey, J.A., Pratt, T.C., Verreault, G., and Fox, M.G. 2014. A caution for conservation stocking as an approach for recovering Atlantic eels. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems: n/a–n/a.

Steinbach, P. 2001. Effets cumulés sur les poissons migrateurs, état et restauration des grands axes de migration du bassin de la Loire. Hydroécologie Appliquée, 13: 115–130.

Taylor, J., Walker, A., Apostolaki, Y., Young, K., Karageorgopoulos, P., Scriven, K., Williams, C., *et al.* 2011. Stocking European Eels. GEHO0211TMX-E-E. Environment Agency. https://publications.environment-agency.gov.uk/skeleton/publications/ViewPublication.aspx?id=11323c-3e40-440-959-e99c1681f.

Thibault, I., Dodson, J. J., Caron, F., Tzeng, W. N., Iizuka, Y., and Shiao, J. C. 2007. Facultative catadromy in American eels: testing the conditional strategy hypothesis. Marine Ecology Progress Series, 344: 219–229.

Threader, R. W., Blimke, L., and Groman, D. 2011. 'TAKING STOCK IN STOCKING' Stocking of American eel (*Anguilla rostrata*) in the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario – 2006-2010. OSPG-07015.02.EEL.

van Ginneken, V., Ballieux, B., Willemze, R., Coldenhoff, K., Lentjes, E., Antonissen, E., Haenen, O. and van den Thillart, G. 2005. Hematology patterns of migrating European eels and the role of EVEX virus. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C, 140: 97-102

Verreault, G., Dargere, W., and Tardif, R. 2009. American eel (*Anguilla rostrata*) movements, growth and sex ratio following translocation. *In* els at the Edge: Science, Status, and Conservation Concerns. Ed. by J. M. Casselman and D. K. Cairns. Bethesda, Maryland, USA.

Verreault, G., Dumont, P., Dussureault, J., and Tardif, R. 2010. First record of migrating silver American eels (*Anguilla rostrata*) in the St. Lawrence estuary originating from a stocking program. Journal of Great Lakes Research, 36: 794–797.

Vollestad, L. A. 1992. Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing European eel - Environmental effects and phenotypic plasticity. Journal of Animal Ecology, 61: 41–48.

Wickström, H., and Sjöberg, N. B. 2013. Traceability of stocked eels – the Swedish approach. Ecology of Freshwater Fish, 23: 33-39.

Wickström, H., Westin, L., and Clevestam, P. 1996. The biological and economic yield from a long-term eel-stocking experiment. Ecology of Freshwater Fish, 5: 140–147.

Wolf, K. 1988. Fish Viruses and viral diseases. Cornell University press, Ithaca, USA. Comstock Publishing Associates, New York, 476 pp.

ANNEXE 1. DESCRIPTION DU MODELE BAYESIEN VISANT A DETERMINER LES FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE SURVIE DES CIVELLES A 15 JOURS.

a. Variables :

- à l'échelle du lot (*Tableau 15*)
  (n_lot = 31):
  - num_annee : 1 si 2011 ; 2 si 2012 ; 3 si 2013,
  - lo_vivier : n° du vivier de mareyage,
  - log_temps_max : nombre maximum de jours de stabulation. Le logarithme de cette variable a été calculé, afin de considéré que le pourcentage de mortalité fini par atteindre un palier au bout d'un certain nombre de jours, comme le laissent présager des graphiques non présentés illustrant le nombre de morts en fonction du nombre de jours d'expérimentation,
  - reduc_periode_peche : période de pêche (%). Cette variable a été réduite pour être comprise entre 0 et 1,
  - reduc_condition : indice de condition moyen du lot. Cette variable a été réduite pour être comprise entre 0 et 1,
  - stadepig1 : occurrence de civelles de stades < VIA2,
  - stadepig2 : occurrence de civelles de stades VIA2,
  - stadepig3 : occurrence de civelles de stades > VIA2,
  - lesion : occurrence de civelles lésées.

Tableau 15. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle du lot

num_lot	num_ann	lo_vivier	temps_max	periode_peche	condition	stadepig1	stadepig2	stadepig3	lesion
1	1	1	9	64	89	0.21	0.36	0.21	0
2	1	1	24	64	84	0.081	0.306	0.081	0.41
3	1	1	8	70	101	0	0.098	0	0.65
4	1	1	10	78	84	0.141	0.061	0.141	0.12
5	1	2	14	74	89	0.14	0.06	0.14	0.08

- à l'échelle de l'expérimentation (*Tableau 16*)
  (n_expe = 101):
  - num_lot : n° du lot
  - marquage : 0 si civelles non marquées ; 1 si civelles marquées
  - manip : 0 si en laboratoire ; 1 si *in situ*

Tableau 16. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle de l'expérimentation

num_expe	num_lot	marquage	manip
1	1	1	2
2	2	1	2
3	2	1	1
4	3	1	2
5	3	2	2

- à l'échelle des triplicats (*Tableau 17*)
  (n_tripl = 304):
  - num_expe : n° de l'expérimentation
  - V : nombre de civelles vivantes
  - N : nombre de civelles du triplicat

Tableau 17. Premières lignes de la base de données renseignant les diverses variables à l'échelle de l'expérimentation

num_tripl	num_expe	nb_morts	nb_individus
1	1	12	50
2	1	16	50
3	1	16	50
4	2	17	50
5	3	29	50

b. Prédictions de la probabilité de survie pour chaque lot et chaque condition expérimentale.

Pour déterminer ces prédictions (posterior predictive dans le modèle), les bases de données à l'échelle du lot et de l'expérimentation ont été compilées afin d'informer pour chaque condition expérimentale, les variables de chaque lot. Toutes ces variables (contenant 101 valeurs, soit le nombre d'expérimentations) ont été identifiées par le préfixe « data_a_predire ».

c. Prédiction de survie pour une qualité de civelles données.

La même logique que pour le b. a été mise en œuvre afin de construire les graphiques comparant l'effet de chaque variable sur les probabilités de survie estimées.

d. Le modèle

```
modele_complet =
"model
{
        # boucle à l'échelle du lot
        for (lot in 1:n_lot)
        {
                mu_lot[lot] <- mu_annee[num_annee[lot]]
                + indic_vivier[lo_vivier[lot]]
                                #+ cst_temps_max * log_temps_max[lot]
                                #+ cst_peche * reduc_periode_peche [lot]
                                + cst_condition * reduc_condition[lot]
                                + cst_stadepig1 * stadepig1[lot]
                                        + cst_stadepig2 * stadepig2[lot]
                                        + cst_stadepig3 * stadepig3[lot]
                                + cst_lesion*lesion[lot]
                mu_lot_realise[lot] ~ dnorm(mu_lot[lot], tau_lot)
        }
```

```
        # boucle à l'échelle de l'experimentation
        for (expe in 1:n_expe)
        {
                mu_expe_realise[expe] <- mu_lot_realise[num_lot[expe]]
                                                + indic_marque[marquage[expe]]
                                                + indic_manip[manip[expe]]
        }
        # boucle a l'échelle du triplicat
        for (i in 1:n_tripl)
        {
                # Likelihood
                V[i] ~ dbin(p[i], N[i])
                p[i] <- ilogit(mu_tripl_realise[i])
                mu_tripl_realise[i] ~ dnorm(mu_expe_realise[num_expe[i]] , tau_tripl)
        }

        # prior
        mu_annee[1] <- 0
        mu_annee[2] ~ dunif(-2,2)
        mu_annee[3] ~ dunif(-2,2)
        tau_lot ~ dgamma(0.01, 0.01)
        tau_tripl ~ dgamma(0.01, 0.01)
        #cst_temps_max ~ dnorm(0, 1E-3)
        #cst_peche ~ dnorm(0, 1E-3)
        cst_condition ~ dnorm(0, 1E-3)
        cst_stadepig1 <- 0
        cst_stadepig2 ~ dnorm(0, 1E-3)
        cst_stadepig3 ~ dnorm(0, 1E-3)
        cst_lesion ~ dnorm(0, 1E-3)
        indic_vivier[1] <- 0
        for (i in 2:7)
        {
                indic_vivier[i] ~ dnorm(0,1E-3)
        }
        indic_marque[1] <- 0
        indic_marque[2] ~ dnorm(0, 1E-3)
        indic_manip[1] <- 0
        indic_manip[2] ~ dnorm(0, 1E-3)


# predictive posterior
        for (lot in 1:nb_prediction)
        {
                mu_lot_new[lot] <- mu_annee[a_predire_num_annee[lot]]
                                        + indic_vivier[a_predire_lo_vivier[lot]]
                                        #+ cst_temps_max * log_temps_max[lot]
                                        #+ cst_peche * reduc_periode_peche [lot]
                                        + cst_condition * a_predire_reduc_condition[lot]
                                        + cst_stadepig1 * a_predire_stadepig1[lot]
                                        + cst_stadepig2 * a_predire_stadepig2[lot]
                                        + cst_stadepig3 * a_predire_stadepig3[lot]
                                        + cst_lesion * a_predire_lesion[lot]
```

```
                mu_lot_realise_new[lot] ~ dnorm(mu_lot_new[lot], tau_lot)
                mu_expe_realise_new[lot] <- mu_lot_realise_new[lot]
                                            + indic_marque[a_predire_marquage[lot]]
                                            + indic_manip[a_predire_manip[lot]]
                mu_new[lot] ~ dnorm(mu_expe_realise_new[lot], tau_tripl)
                p_new[lot] <- ilogit(mu_new[lot])
        }
}"

model_complet = jags.model(textConnection(modele_complet), n.chain = 3, quiet = FALSE, data =
data_complet)

result_complet = coda.samples(model_complet,
                              c("mu_annee", "mu_lot_realise", "mu_expe_realise",
                              "indic_vivier",
                              #"cst_temps_max", "cst_peche",
                              "cst_condition",
                              "cst_stadepig1", "cst_stadepig2", "cst_stadepig3",
                              "cst_lesion",
                              "indic_marque", "indic_manip",
                              "tau_lot", "tau_tripl", "p_new"),
                              250000, progress.bar = "gui", thin = 25)
```

ANNEXE 2. SUIVIS POST-DEVERSEMENT DES ANGUILLES

1. UGA ARTOIS-PICARDIE

Entre 2011 et 2013, 3 projets ont été réalisés sur le bassin versant de la Somme (*Figure 19*).

Hallue 2011

45 kg de civelles ont été déversés en **9 points** sur l'Hallue en avril 2011 (*Figure 54*). **Une station** a été suivie par pêche électrique complète (avec deux passages) en octobre 2011 (suivi 6 mois), puis en avril 2012 (suivi 12 mois) et enfin en avril 2014 (suivi 36 mois).

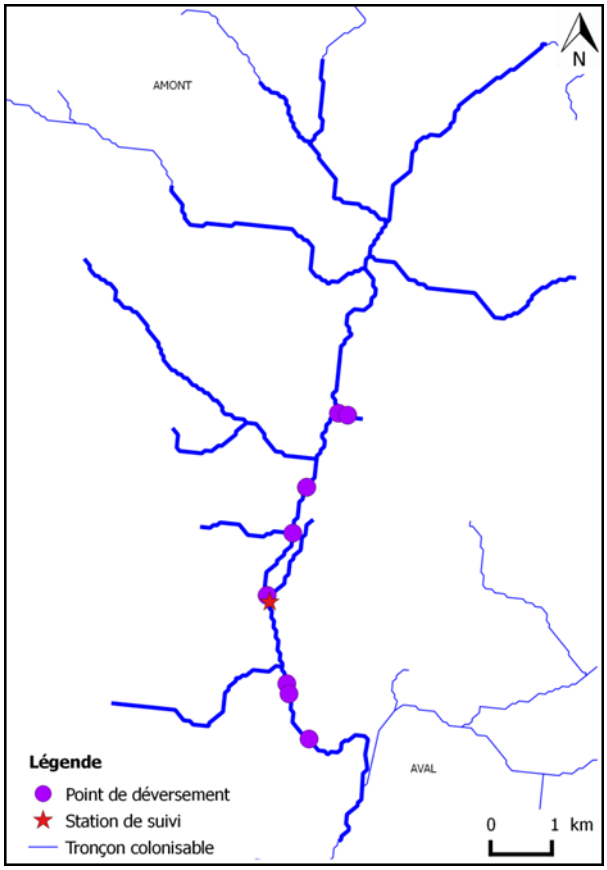

Figure 54 : carte localisant les 9 points de déversement et la station de suivi sur l'Hallue. Le cours d'eau, représenté en bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. 5kg de civelles ont été déversés à chaque point. L'un des points de déversement n'est pas visible sur la carte en raison de sa superposition géographique avec le troisième point le plus au Nord.

Dispersion

La localisation de la station de suivi ne permet pas d'étudier la dispersion des civelles déversées dans le cours d'eau (*Figure 54*).

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**23** ha, *Figure 54*) et de la quantité estimée de **162 455 civelles déversées**, la densité lors du déversement est estimée à **70 civelles / 100 m²**, soit **1.9 kg / ha**.

La station de suivi est localisée au sein de la zone de déversement (*Figure 54*). Chaque passage a permis de capturer **6 et 14 anguilles** issues très probablement du transfert à 6 mois, **1 et 0** à 12 mois et **13 et 13** à 36 mois (*Tableau 18*). Ainsi, la densité d'anguilles est estimée à **4, 0.2 et 5.2 individus / 100 m²** pour chaque suivi, correspondant à **9 240, 462 et 12 012 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **5.7 %** à 6 mois, **0.3 %** à 12 mois **et 7.4 %** à 36 mois.

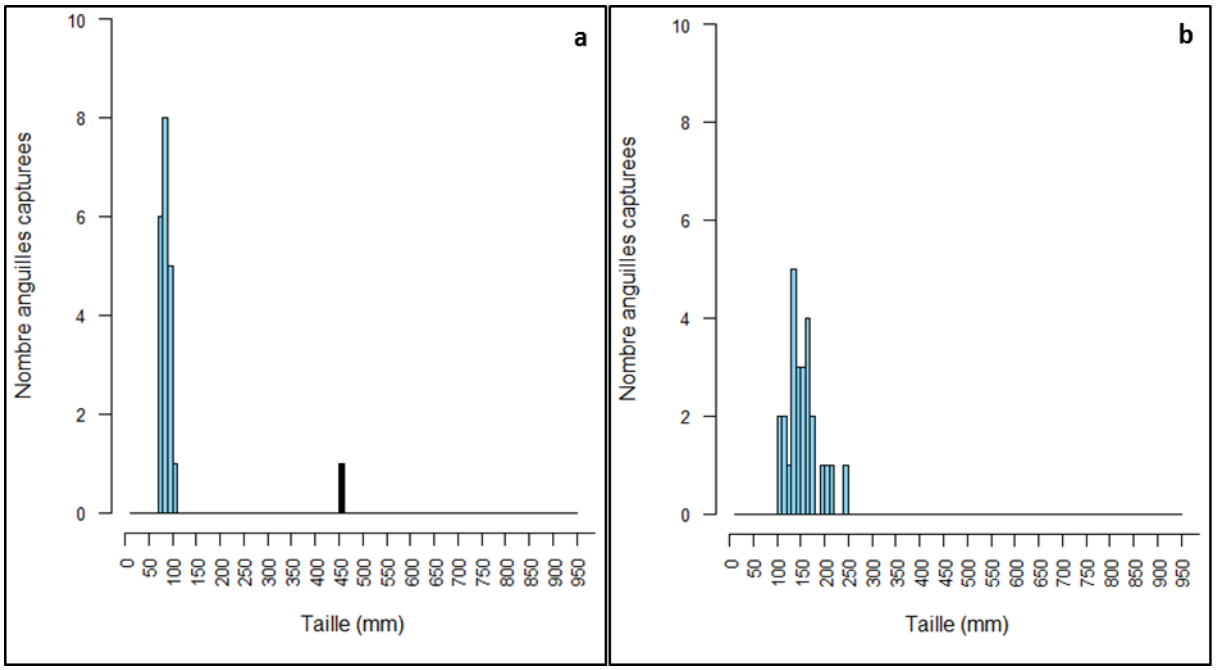

Figure 55 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 3 ans (b) sur l'Hallue. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert.

Tableau 18. Résumé des captures des trois suivis effectués sur l'Hallue. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (*Figure 55*).

Suivi	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	21	≤ 110	20	-	-	-
12 mois	1	88	1	-	-	-
36 mois	26	≤ 250	26	-	-	-

Ce suivi met particulièrement en évidence la variabilité des résultats de pêche électrique : le suivi 12 mois ne capture qu'un individu, alors que le suivi 36 mois en capture 26 (*Tableau 18*). Dans la mesure où la colonisation naturelle est très limitée sur l'Hallue, tous ces individus sont considérés comme étant issus du déversement, et conduisent à estimer une **densité 26 fois supérieure** à 36 mois par rapport à 12 mois.

Nièvre 2012

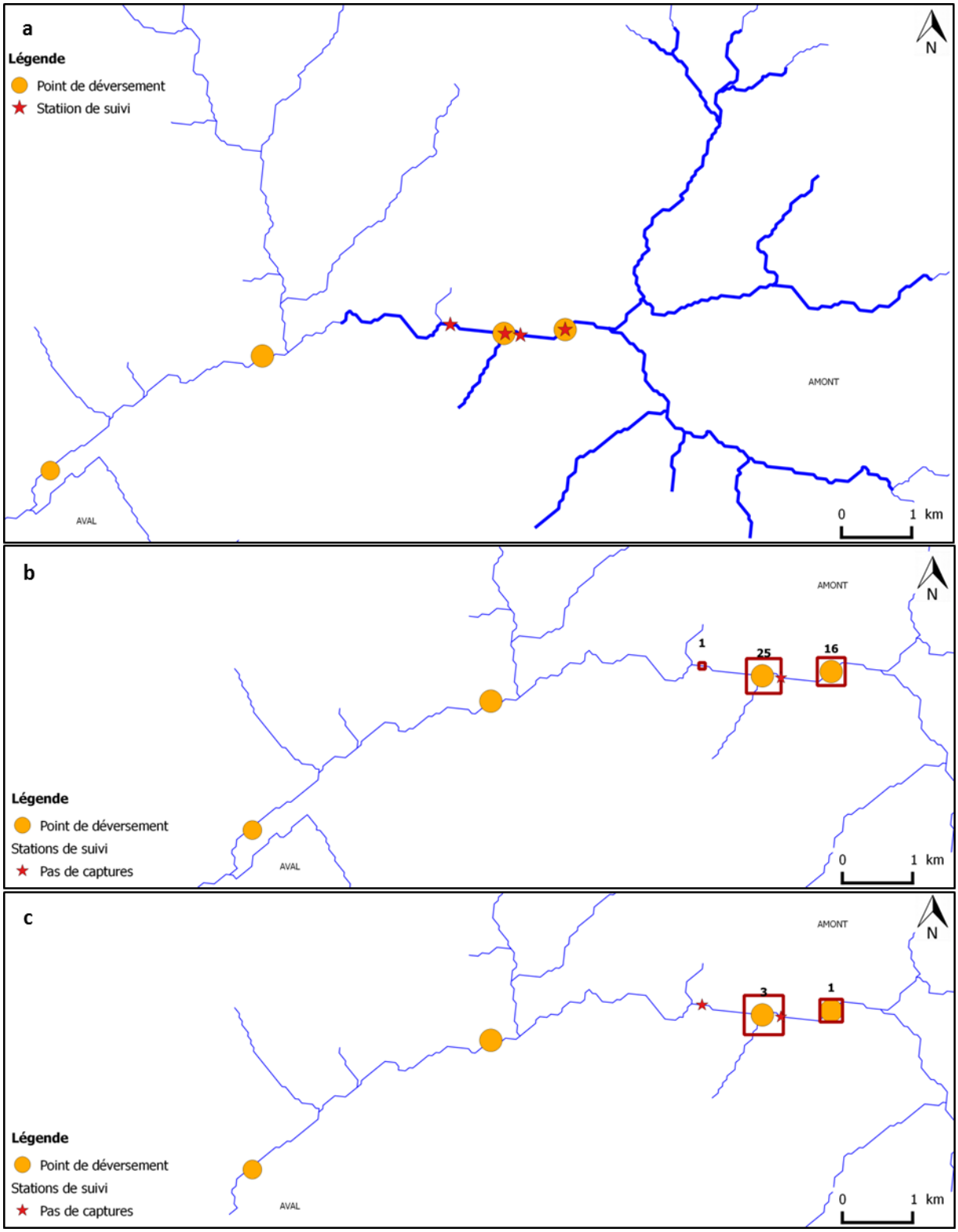

Figure 56 : cartes localisant les 4 points de déversement et les 4 stations de suivi sur la Nièvre (a), les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

37 kg de civelles ont été déversées en **4 points** sur la Nièvre en avril 2012 (*Figure 56*). **4 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en avril 2013 (suivi 12 mois).

Ce projet a fait l'objet de l'une des plus petites quantités de civelles déversées.

Ce projet a la particularité de présenter des points de déversement très distants (*Figure 56*). En particulier, les deux points les plus aval sont très éloignés (> 4 km) des stations de suivi. Ainsi, seuls les **20 kg** déversés sur les **2 points** les plus amont sont considérés dans les analyses.

Dispersion

Une anguille a été pêchée sur la station la plus aval située à 900 m du point de déversement le plus proche, indiquant que les anguilles déversées ont pu parcourir au minimum cette distance, et ce, dès 6 mois (*Figure 56*). Cependant, la majorité des anguilles ont été pêchées sur les stations proches des points de déversement. La localisation des stations de suivi ne permet pas d'informer davantage sur la dispersion.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**12 ha**, *Figure 56*) et de la quantité estimée de **70 588 civelles déversées**, la densité lors du déversement est estimée à **58 civelles / 100 m²**, soit **1.7 kg / ha**.

Les stations de suivi sont situées à proximité des deux points de déversement les plus amont et chacune a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 56*). Ces pêches ont permis de capturer **42 anguilles** issues très probablement du transfert à 6 mois et **4** à 12 mois (Tableau 19). Ainsi, la densité est estimée à **26.3 et 2.5 individus / 100 m²** pour chaque suivi, correspondant à **31 763 et 3 025 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **45 %** à 6 mois et **4.3 %** à 12 mois.

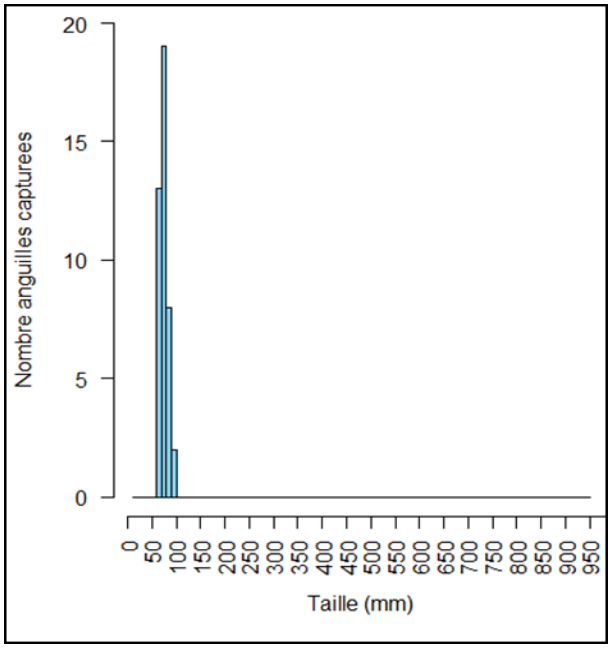

Figure 57 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivis 6 mois sur la Nièvre. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert. Le suivi 1 an n'est pas représenté puisque seuls 4 individus ont été pêchés (Tableau ci-dessous).

Tableau 19. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Nièvre. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (*Figure 57*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	42	≤ 100	42	-	-	-
12 mois	4	68, 69, 76, 92	4	-	-	-

Saint-Landon 2013

34 kg de civelles ont été déversées en **5 points** sur Saint-Landon en avril 2013 (*Figure 58*). **3 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en novembre 2013 (suivi 6 mois), puis en avril 2014 (suivi 12 mois).

Ce projet a fait l'objet de l'une des plus petites quantités de civelles déversées.

Dispersion

La localisation des stations de suivi ne permet pas d'étudier la dispersion des civelles déversées dans le cours d'eau (*Figure 58*).

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**16 ha**, *Figure 58*) et de la quantité estimée de **105 155 civelles déversées**, la densité lors du déversement est estimée à **66 civelles / 100 m²**, soit **2.1 kg / ha**.

Les stations de suivi sont localisées au niveau des points de déversement et chacune a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 58*). Ces pêches ont permis de capturer **16 anguilles** issues très probablement du transfert à 6 mois et **11** à 12 mois (*Tableau 20*). Ainsi, la densité est estimée à **13.3 et 9.2 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **21 333 et 14 667 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **20.3 %** à 6 mois et **13.9 %** à 12 mois.

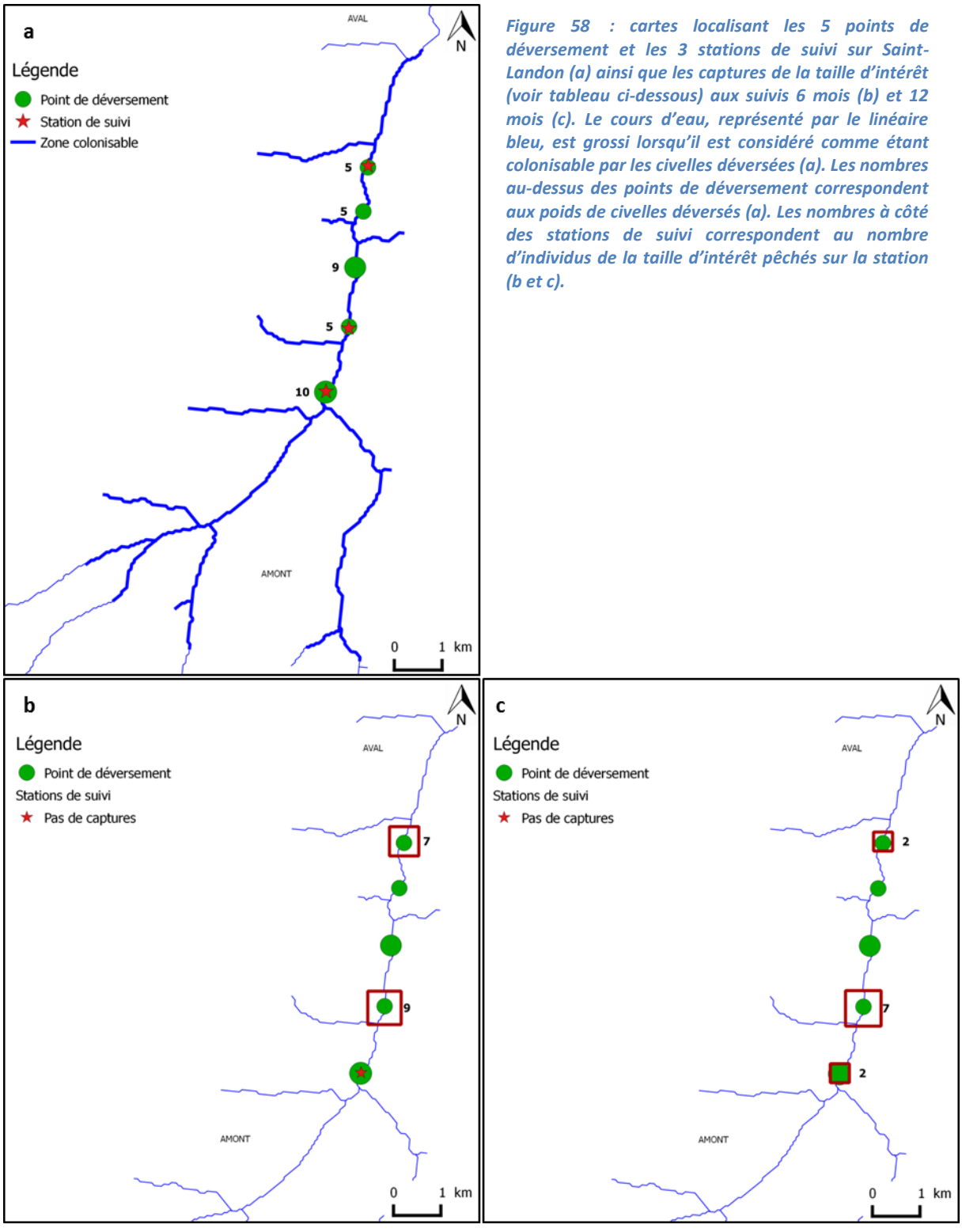

Figure 58 : cartes localisant les 5 points de déversement et les 3 stations de suivi sur Saint-Landon (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

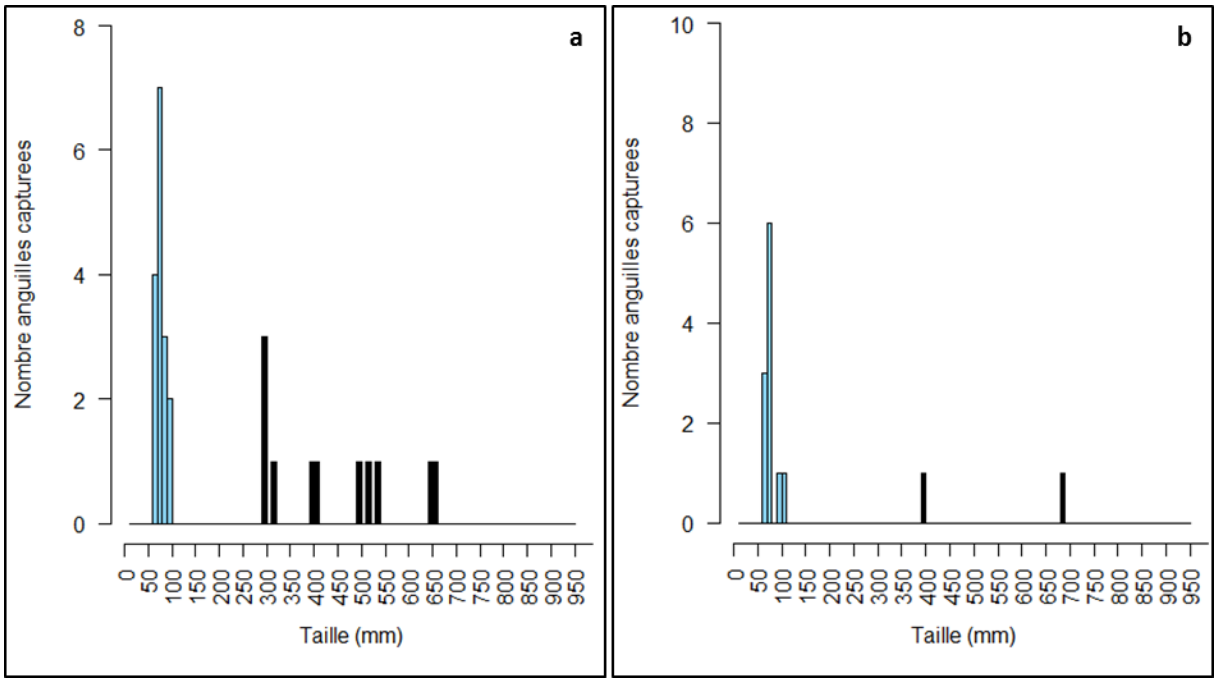

Figure 59 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) sur Saint-Landon. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert.

Tableau 20. Résumé des captures des deux suivis effectués sur Saint-Landon. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (*Figure 59*).

Campagne	**Nombre individus**	**Classe d'intérêt (mm)**	**Nb individus (taille)**	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	27	≤ 100	16	-	-	-
12 mois	13	≤ 110	11	-	-	-

Tableau 21. Résumé des données des projets de l'UGA Artois-Picardie

			2011 Hallue	2012 Nièvre *	2013 Saint-Landon
PRE-DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.28	0.28	0.32
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	83 %	93 %	91 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	45	20	34
		Nombre de civelles déversées (estimé)	162 455	70 588	105 155
		% civelles marquées	0	0	0
		Surface colonisable (ha)	23	12	16
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	70	58	66
		Nombre points de déversement	9	2	5
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	764	1 090	1 357
		Poids moyen déversé / point (kg)	5	10	6.8
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	18 072	35 294	21 031
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	INV	PE	PE
		Nombre stations	1	4	3
		Nombre EPA / station	-	20	20
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	NON	NON	NON
	6 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	4	26.3	13.3
		Correction marquage	-	-	-
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	4	26.3	13.3
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	9 240	31 763	21 333
		Survie apparente corrigée	5.7 %	45.0 %	20.3 %
	12 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.2	2.5	9.2
		Correction marquage	-	-	-
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	0.2	2.5	9.2
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	462	3 025	14 667
		Survie apparente corrigée	0.3 %	4.3 %	13.9 %
	36 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	5.2		
		Correction marquage	-		
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	5.2		
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	12 012		
		Survie apparente corrigée	7.4 %		

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;
** : seule la partie amont de la zone de déversement est considérée pour les analyses (soit 2 points de déversement) en raison de la localisation des stations de suivi (cf. texte)*

UGA ARTOIS PICARDIE :

Le budget le plus faible parmi les six UGA conduisant à

- de faibles quantités de civelles déversées,
- un nombre de stations de suivi restreint,
- aucun suivi de la dispersion

Survie apparente (*Tableau 21*)

- Hallue : survie apparente faible (< 8%)
- Nièvre: la meilleure survie apparente à 6 mois par rapport à tous les projets (45 %), mais qui chute à 12 mois (< 8 %): liée à une dispersion des individus ?
- Saint-Landon : une survie apparente bonne à 6 mois (20 %), moyenne à 12 mois (14 %)

Or :

- La qualité du lot déversé est :
  - bonne pour la Nièvre et Saint – Landon : > 90 % de survie estimée par expérimentation (15 jours en laboratoire)
  - inférieure pour Hallue : 83 %
- Hallue : méthode d'échantillonnage différente + 1 unique station de pêche ne permettant pas de palier à une éventuelle variabilité inter-station. Il est également probable que, comme pour les autres projets de 2011, le différentiel entre la température de l'eau et la température des caisses de civelles lors du déversement ait été élevé, pouvant induire de la mortalité à court terme.

2. UGA SEINE-NORMANDIE

Entre 2011 et 2013, 3 projets ont été réalisés sur un bassin versant différent chaque année (*Figure 19*).

Aure & Drome 2011

75 et 59 kg de civelles ont été déversés en **15 et 12 points** sur la Drôme et l'Aure, respectivement, en avril 2011 (*Figure 60*). **12 et 8 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2011 (suivi 6 mois), puis en avril et mai 2012 (suivi 12 mois) et enfin en juin 2014 (suivi 36 mois).

La Drôme a pour particularité de présenter des points de déversement en 4 amas bien distincts (*Figure 60*). Entre ces amas sont localisées des stations de suivi. De plus, l'Aure comme la Drôme présentent quelques stations très en aval de la zone colonisable (plus de 5 km) ainsi qu'en amont (plus de 2 km).

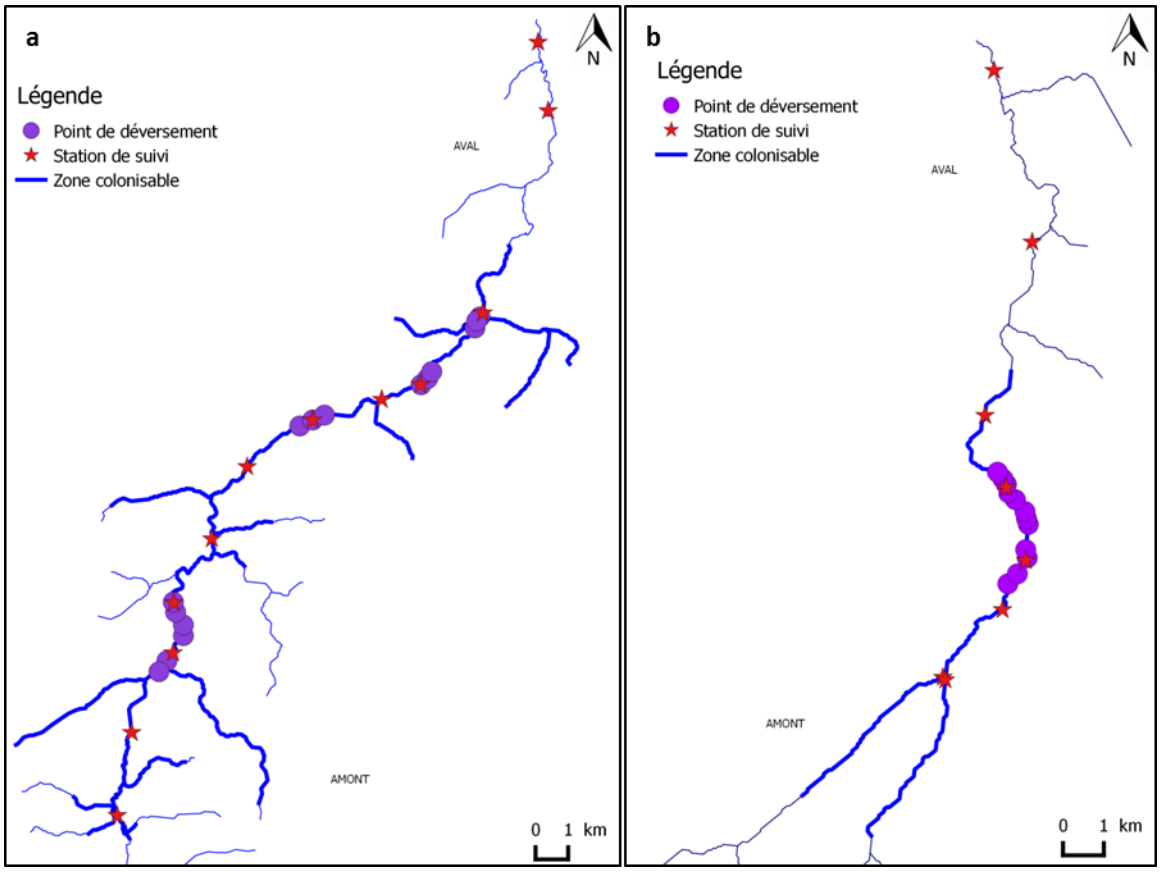

Figure 60 : cartes localisant les 15 et 12 points de déversement ainsi que les 12 et 8 stations de suivi sur la Drôme (a) et l'Aure (b), respectivement. Les cours d'eau, représentés par les linéaires bleus, sont grossis lorsqu'ils sont considérés comme étant colonisables par les civelles déversées. 5 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement, sur les deux cours d'eau.

Dispersion

Sur la **Drôme**, sur les deux stations localisées en aval de la zone de déversement, seule la station la plus aval présente des anguilles de la classe de tailles d'intérêt, confortant l'hypothèse que ces anguilles seraient plutôt issues d'un processus de colonisation naturelle (*Figure 61*). En revanche, diverses stations en amont des amas de points de déversement sont colonisées, suggérant une dispersion des anguilles déversées d'au minimum **2.5 km à 6 mois vers l'amont** (même si la majorité des individus sont pêchés au niveau des points de déversement). Cette dispersion s'est amplifiée à 12 mois (davantage d'individus pêchés au-delà d'**1.5 km** des points de déversement qu'au niveau des points de déversement), puis à 36 mois avec des individus capturés **jusqu'à 9 km en amont** d'un point de déversement.

Sur l'**Aure**, une anguille probablement issue du transfert est pêchée à **2.9 km en amont** du dernier point de déversement dès 6 mois (*Figure 62*). A 12 mois, tous les individus de la classe de taille d'intérêt sont localisés au niveau de cette station et de sa voisine. Il est difficile de se prononcer sur la dispersion des anguilles vers l'aval en raison d'une potentielle « contamination » des anguilles issues du déversement par des anguilles ayant naturellement colonisées le site.

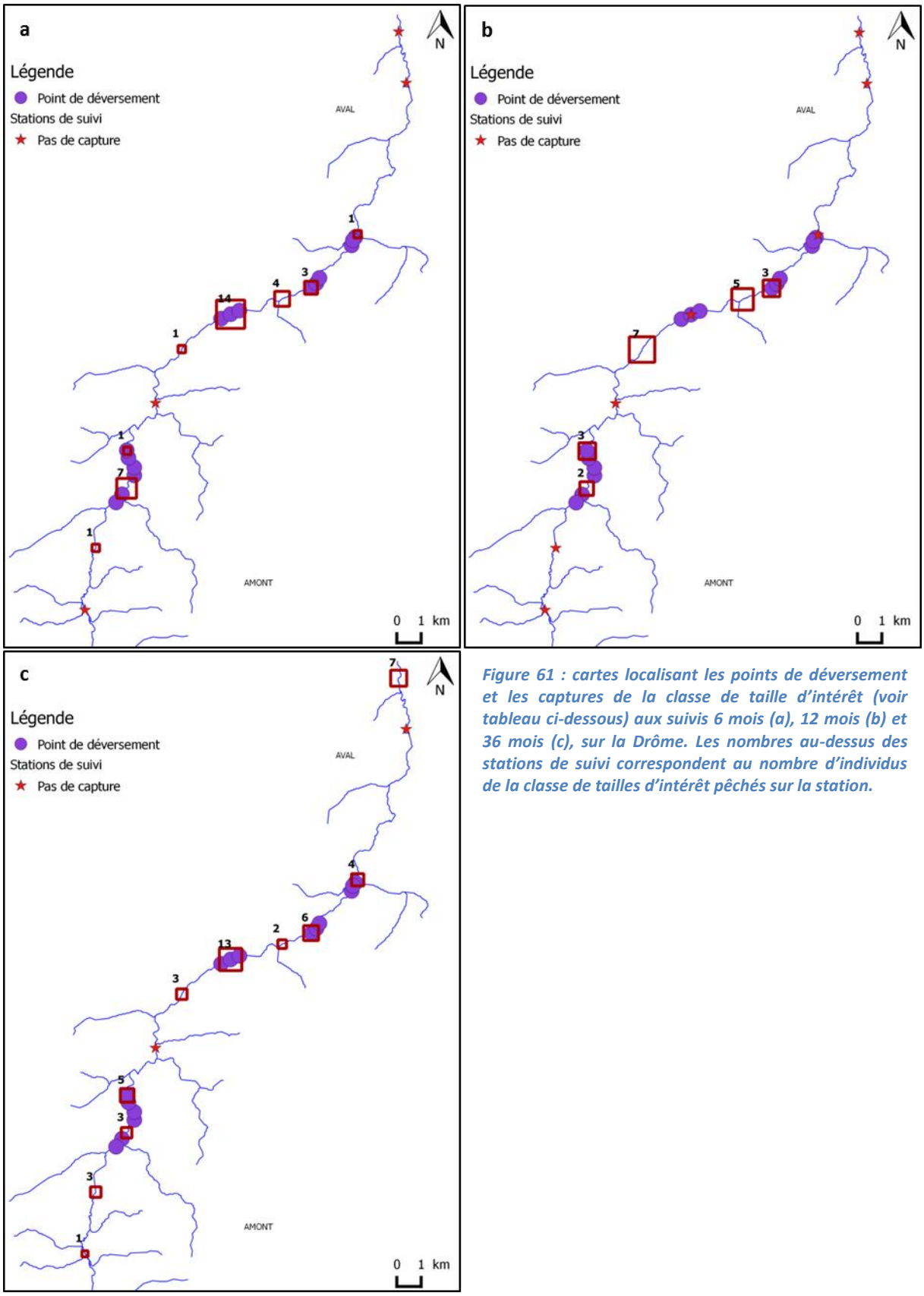

Figure 61 : cartes localisant les points de déversement et les captures de la classe de taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c), sur la Drôme. Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station.

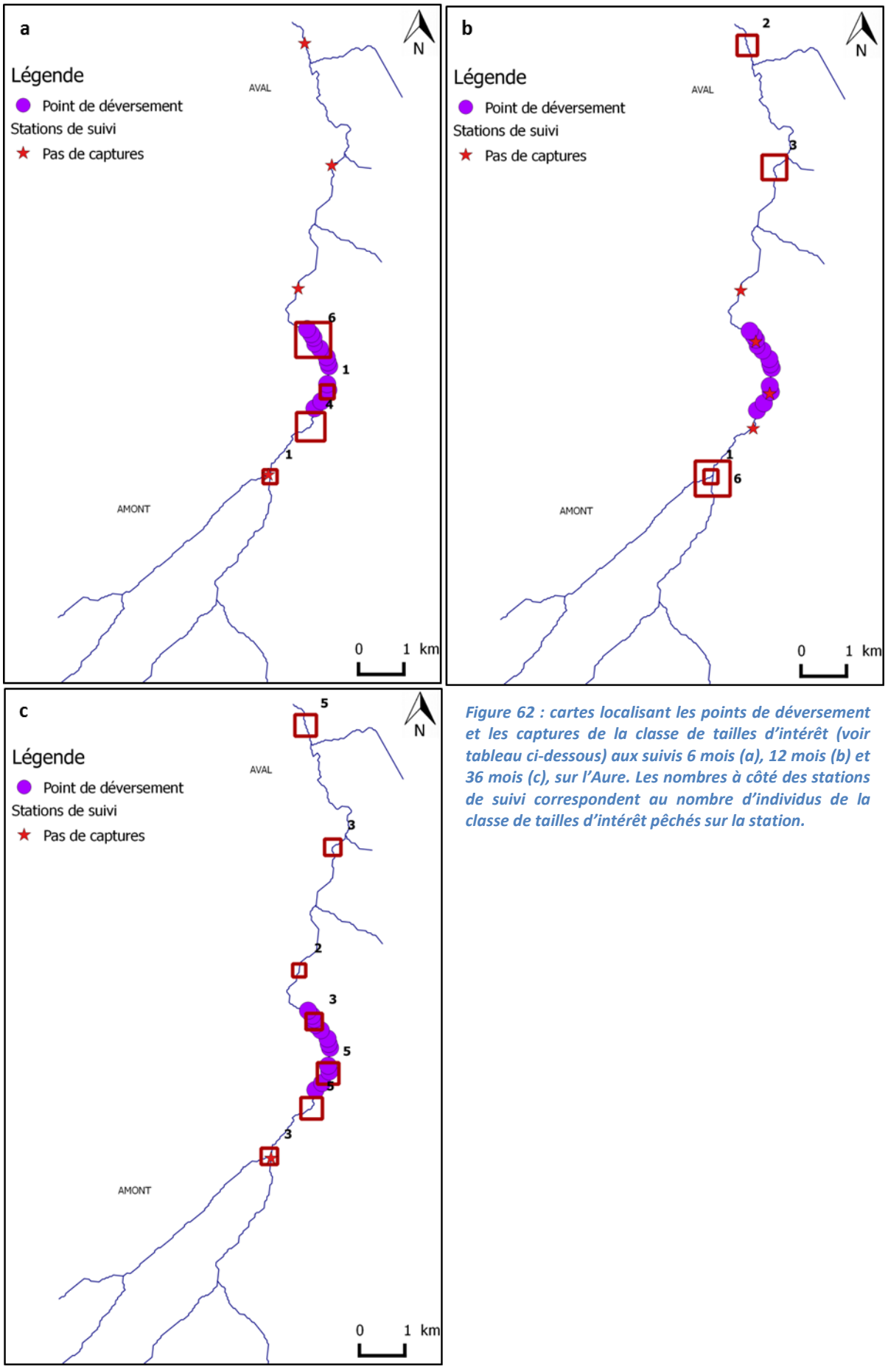

Figure 62 : cartes localisant les points de déversement et les captures de la classe de tailles d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c), sur l'Aure. Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**35 ha et 10 ha**, *Figure 61 et Figure 62*) et de la quantité estimée de **292 208** et **229 870 civelles déversées**, la densité lors du déversement est estimée à **84 civelles / 100 m²**, soit **2.2 kg / ha** sur la **Drôme** et **230 civelles / 100 m²**, soit **5.9 kg / ha** sur l'**Aure**.

Chaque station de suivi a fait l'objet de 30 EPA de pêche électrique. Les anguilles colonisent naturellement ces deux cours d'eau lors de crues, ce qui est confirmé par les *Figure 63 et Figure 64* puisque des individus ne pouvant être issus des transferts en raison de leur taille importante ont été largement observés lors des différents suivis. Par conséquent, les individus pêchés sur les stations les plus aval sont considérés comme ayant colonisés le milieu naturellement, quelle que soit leur taille.

Sur la **Drôme**, les pêches ont permis de capturer **32 anguilles** issues très probablement du transfert à 6 mois, **20** à 12 mois et **40** à 36 mois (*Figure 61*, *Tableau 22*). Cependant, il est possible qu'au suivi 36 mois, les individus qui sembleraient être issus du transfert aient en réalité colonisés naturellement le milieu puisque des individus de taille inférieure à 240 mm étaient déjà présents sur les stations de suivi lors des pêches de 6 et 12 mois. Ainsi, la densité est estimée à **4.4, 2.8 et 5.6 individus / 100 m²** lors des trois suivis, correspondant à **15 422, 9 639 et 19 278 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **5.3 %** à 6 mois, **3.3 %** à 12 mois et **6.6 %** à 36 mois.

Sur l'**Aure**, les pêches ont permis de capturer **12 anguilles** issues très probablement du transfert à 6 mois, **7** à 12 mois et **20** à 36 mois (*Figure 62*, *Tableau 22*). De la même manière que sur la Drôme, il est possible qu'au suivi 36 mois, les individus qui sembleraient être issus du transfert aient en réalité colonisés naturellement le milieu. Ainsi, la densité est estimée à **2.5, 1.5 et 3.8 individus / 100 m²** lors des trois suivis, correspondant à **2 500, 1 458 et 3 750 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **1.1 %** à 6 mois, **0.6 %** à 12 mois et **1.6 %** à 36 mois.

Tableau 22. Résumé des captures des trois suivis effectués sur la Drôme et l'Aure. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (*Figure 63 et Figure 64*).

Suivi		Nb individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	Drôme	72 (110)	≤ 110	32 (32)	-	-	-
6 mois	Aure	61 (120)	≤ 110	12 (12)	-	-	-
12 mois	Drôme	58 (83)	≤ 130	20 (20)	-	-	-
12 mois	Aure	20 (36)	≤ 110	7 (12)	-	-	-
36 mois	Drôme	101 (167)	≤ 240	40 (47)	-	-	-
36 mois	Aure	63 (89)	≤ 230	18 (26)	-	-	-

Les nombres entre parenthèses cumulent les individus pêchés sur toutes les stations, alors que les nombres hors parenthèses n'incluent pas les deux stations les plus aval de chaque cours d'eau.

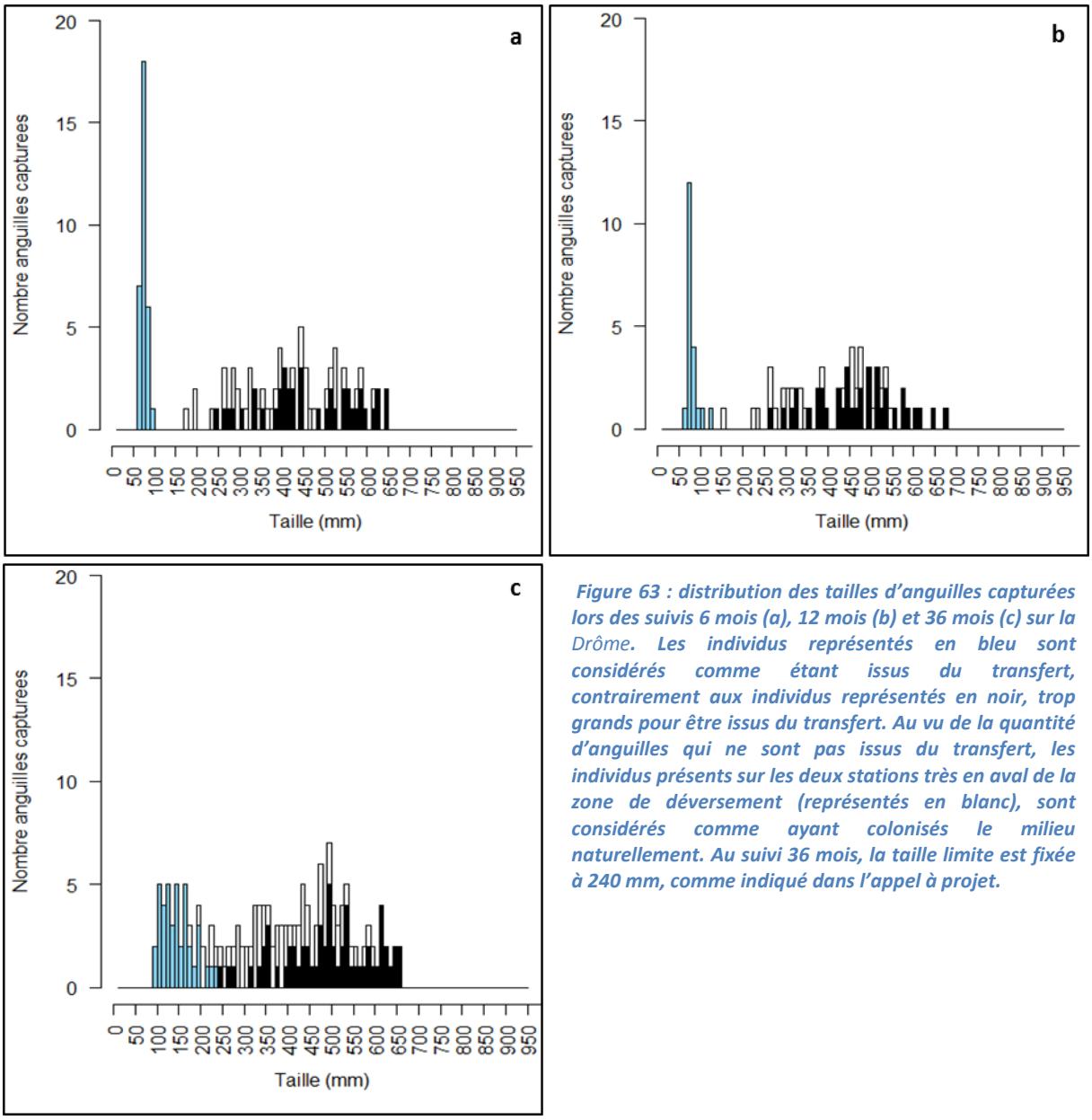

Figure 63 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c) sur la Drôme. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. Au vu de la quantité d'anguilles qui ne sont pas issus du transfert, les individus présents sur les deux stations très en aval de la zone de déversement (représentés en blanc), sont considérés comme ayant colonisés le milieu naturellement. Au suivi 36 mois, la taille limite est fixée à 240 mm, comme indiqué dans l'appel à projet.

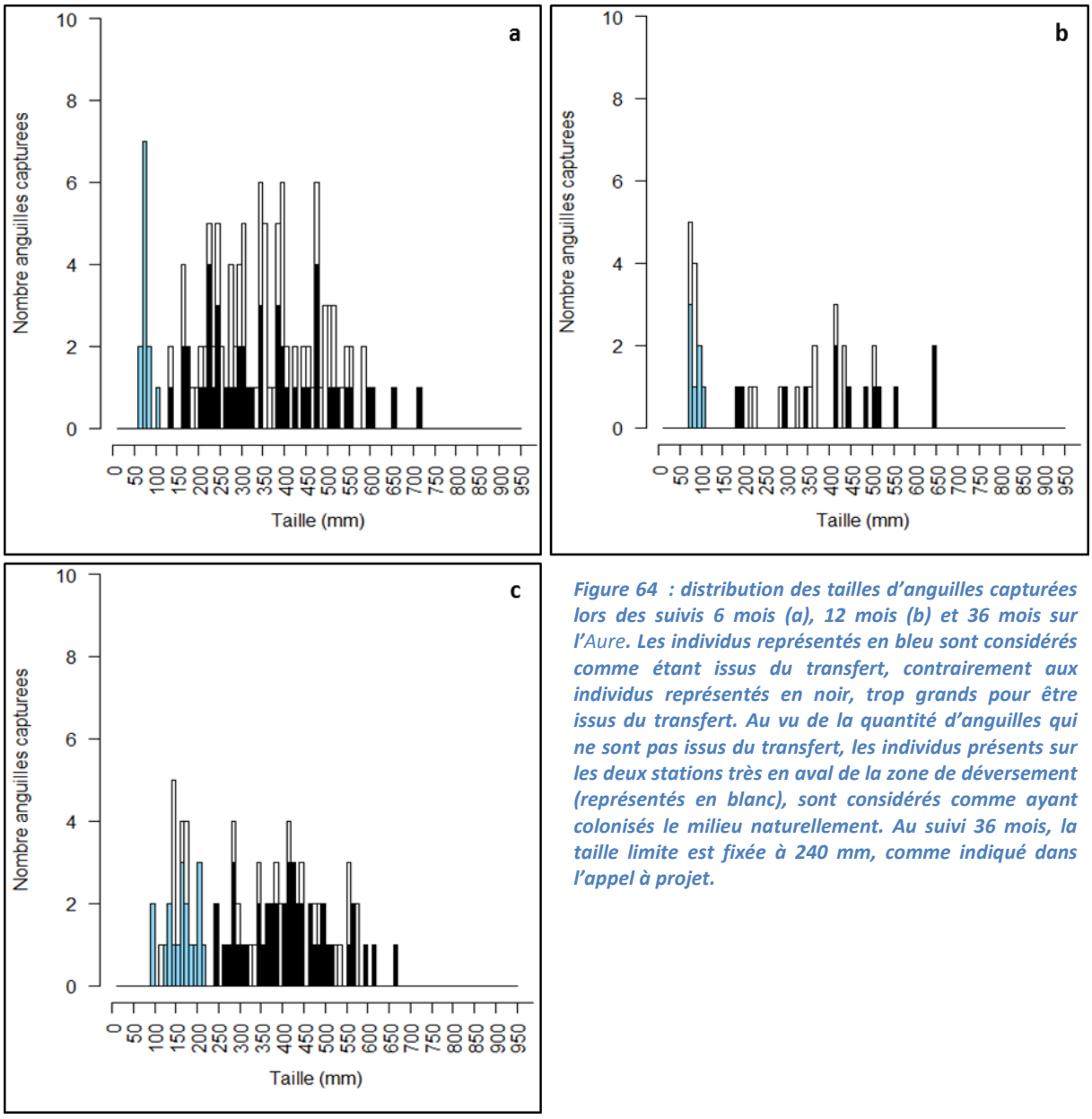

Figure 64 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois sur l'Aure. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert. Au vu de la quantité d'anguilles qui ne sont pas issus du transfert, les individus présents sur les deux stations très en aval de la zone de déversement (représentés en blanc), sont considérés comme ayant colonisés le milieu naturellement. Au suivi 36 mois, la taille limite est fixée à 240 mm, comme indiqué dans l'appel à projet.

Thar 2012

113 kg de civelles ont été déversés en **22 points** sur le Thar en avril 2012 (*Figure 65*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en avril 2013 (suivi 12 mois).

La particularité du Thar est que ce site est situé sur la partie la plus amont du bassin versant, limitant ainsi la dispersion vers l'amont.

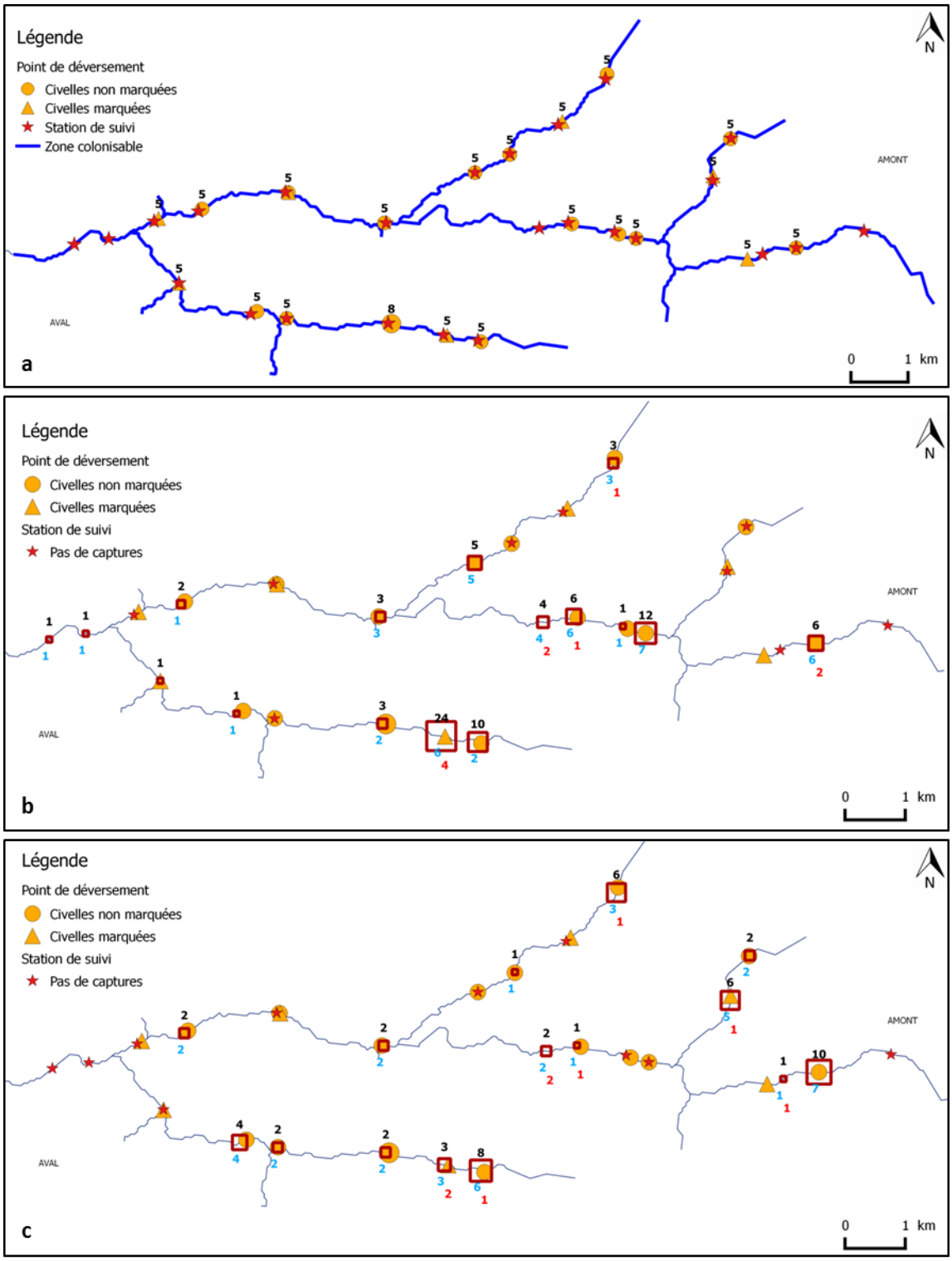

Figure 65 : cartes localisant les 22 points de déversement et les 25 stations de suivi sur le Thar (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la classe de tailles d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus autopsiés et marqués, de la cohorte recherchée (b et c).

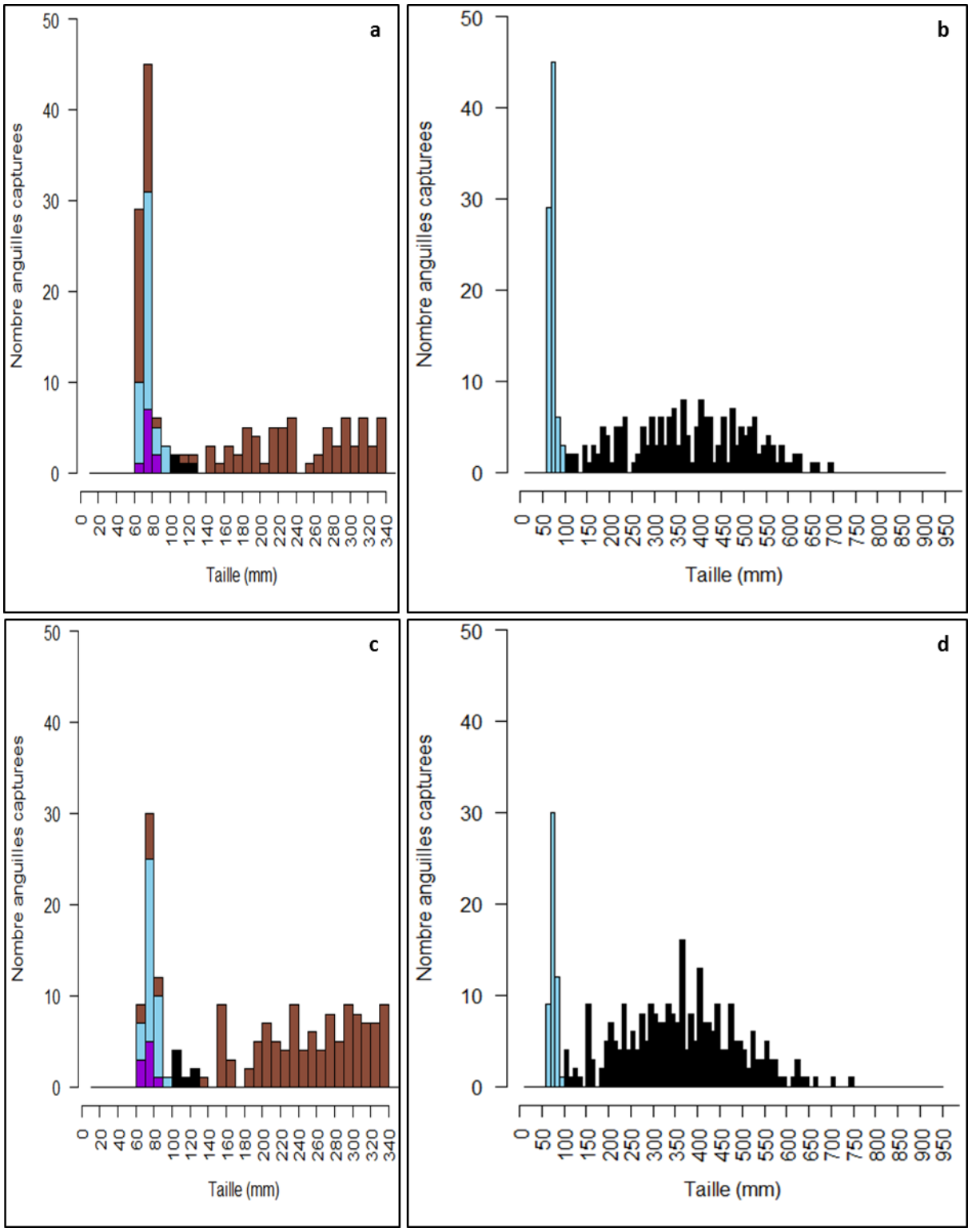

Figure 66 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (b et c) sur le Thar. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron) sur les graphiques a et c. Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la bonne cohorte non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir) sur les graphiques b et d.

Dispersion

Deux stations de suivi présentant des individus marqués sont particulièrement éloignées des points de déversement de civelles marquées et suggèrent une dispersion au sein de la zone de déversement d'au minimum **3.4 km vers l'aval** ou **5.5 km vers l'amont** (*Figure 65*), et ce, dès 6 mois.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**14 ha**, *Figure 65*) et de la quantité estimée de **353 125 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **254 civelles / 100 m²**, soit **8.1 kg / ha**. Il s'agit de la densité au déversement la plus élevée parmi tous les projets réalisés entre 2011 et 2013.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement, mais deux stations sont également présentes en aval (*Figure 65*). Chaque station a fait l'objet de 20 EPA par pêche électrique. Ces pêches ont permis de capturer **83 anguilles** de la classe de tailles d'intérêt à 6 mois et **52** à 12 mois (*Tableau 23*). Sur les **103 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **11 individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivi 6 mois et 12 mois). Tous ces individus présentent une taille supérieure à 100 mm. Ainsi, il est considéré que seuls les individus de taille inférieure ou égale à 100 mm peuvent être issus du transfert. Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **10 et 9 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **20 et 21 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 31 % des civelles déversées sur le Thar étaient marquées, on peut estimer que **67 et 68 %** des individus d'une taille inférieure ou égale à 100 mm sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **5.4 et 3.5 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **6 961 et 4 579 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **2.0 %** à 6 mois et **1.3 %** à 12 mois.

Tableau 23. Résumé des captures des deux suivis effectués sur le Thar. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois, respectivement, *Figure 66*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués (cohorte)	% marqués observés
6 mois	273	≤ 100	83	53	49	10	20 %
12 mois	328	≤ 100	52	50	43	9	21 %

Calonne 2013

52.7 kg de civelles ont été déversés en **10 points** sur la Calonne en mars 2013 (*Figure 67*). **20 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre 2013 (suivi 6 mois), puis en mai 2014 (suivi 12 mois).

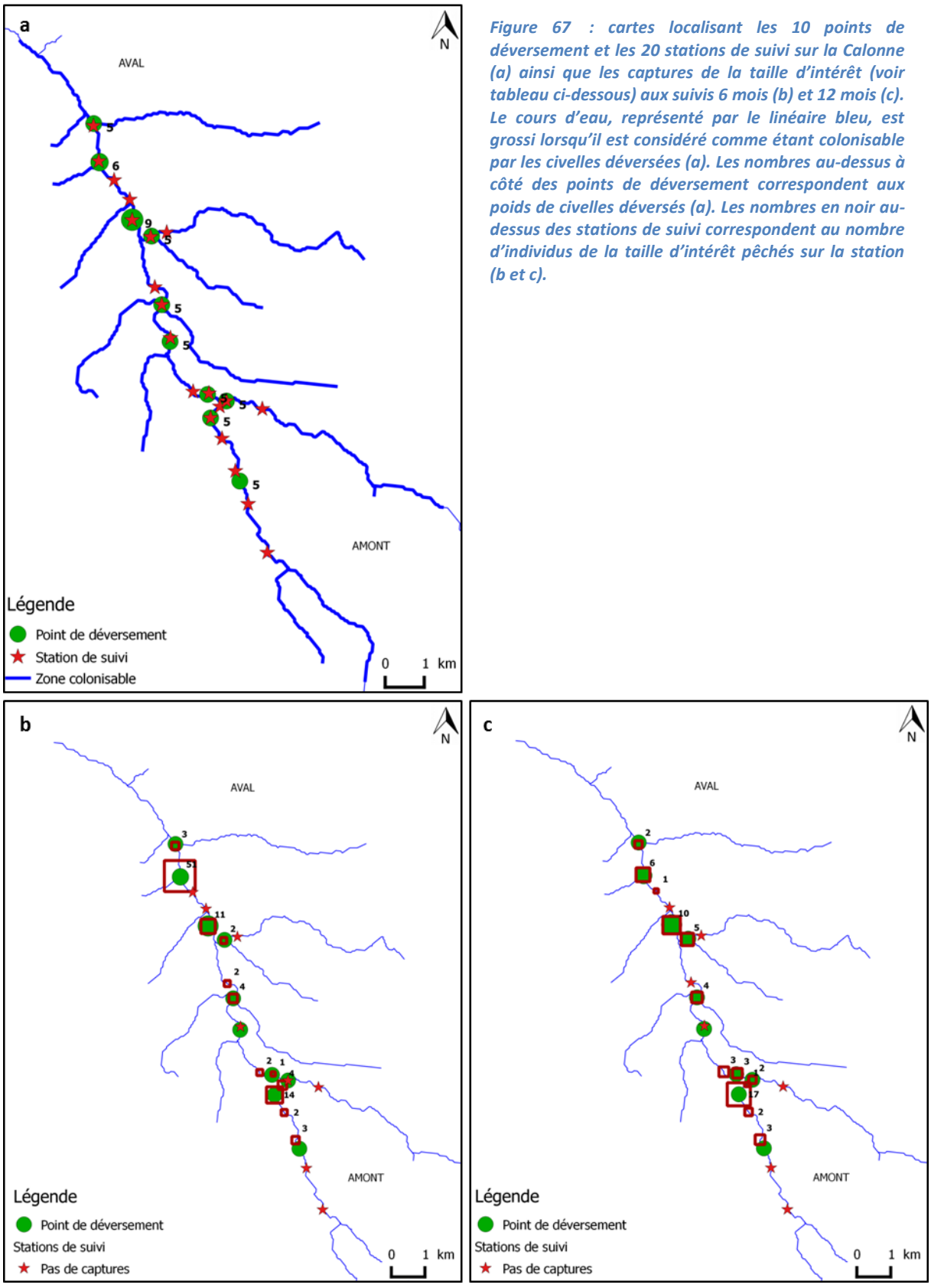

Figure 67 : cartes localisant les 10 points de déversement et les 20 stations de suivi sur la Calonne (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Les nombres au-dessus à côté des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

Dispersion

Des individus ont été capturés sur des stations de suivi éloignées des points de déversement. Ainsi, les captures sur l'une des stations suggère une dispersion d'au minimum **640 m en amont**,

alors que celles d'une autre station suggère une dispersion d'au minimum **700 m en aval** (*Figure 67*). Mais l'échantillonnage ne permet pas de déterminer si la dispersion a bien eu lieu en amont ou en aval. Toutes les autres anguilles ont été pêchées à des distances inférieures des points de déversement (en amont ou en aval).

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**21 ha**, *Figure 67*) et de la quantité estimée de **166 421 civelles déversées**, la densité lors du déversement est estimée à **82 civelles / 100 m²**, soit **2.6 kg / ha**.

Les stations de suivi sont réparties sur toute la zone de déversement, avec quelques stations présentes en amont de la zone, et chacune a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 67*). Ces pêches ont permis de capturer **99 anguilles** de classe de tailles d'intérêt à 6 mois et **79** à 12 mois (*Tableau 24*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **12.4 et 7.4 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **25 369 et 15 119 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **15.2 %** à 6 mois et **9.1 %** à 12 mois.

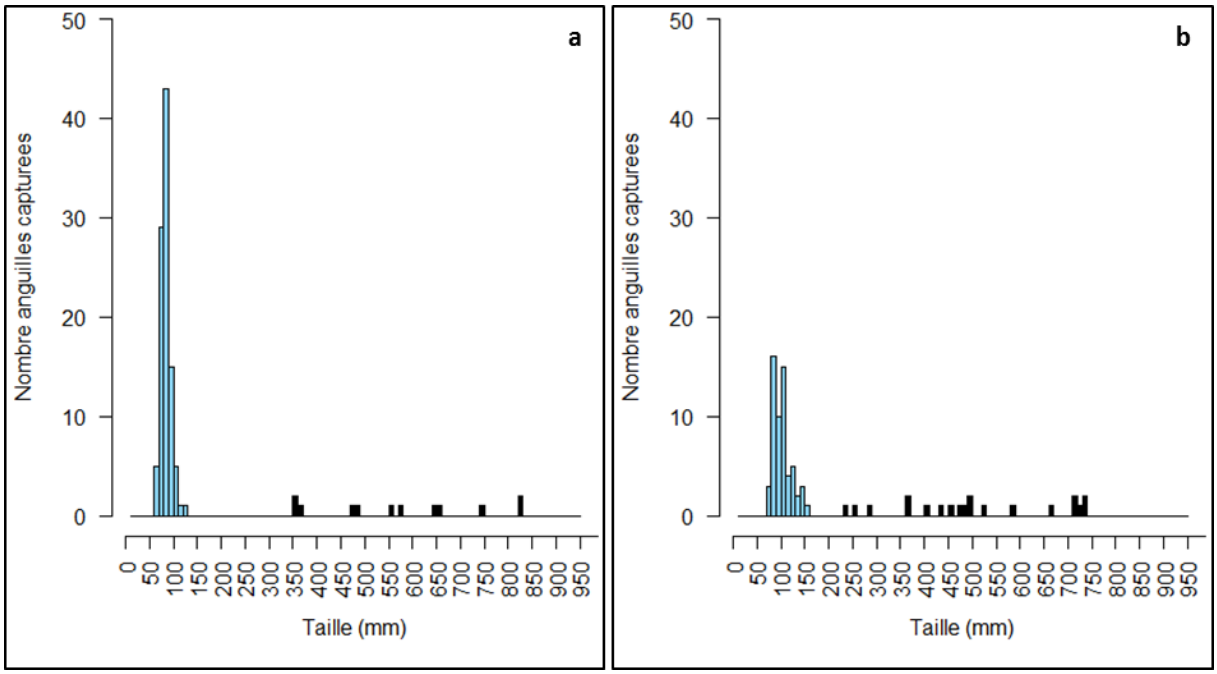

Figure 68 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois sur la Calonne. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement aux individus représentés en noir, trop grands pour être issus du transfert.

Tableau 24. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Calonne. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois, respectivement, *Figure 68*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	111	≤ 130	99	-	-	-
12 mois	79	≤ 160	59	-	-	-

Tableau 25. Résumé des données des projets de l'UGA Seine-Normandie

			2011		2012	2013
			Drôme	Aure	Thar	Calonne
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.26	0.26	0.32	0.32
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	71 %		92 %	82 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	-		89 %	-
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	75	59	113	52.7
		Nombre de civelles déversées (estimé)	292 208	229 870	353 125	166 421
		% civelles marquées	0	0	31	0
		Surface colonisable (ha)	35	10	14	21
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	84	230	254	82
		Nombre points de déversement	15	12	22	10
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	1 371	266	1 400	1 228
		Poids moyen déversé / point (kg)	5	4.9	5.1	5.3
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	19 480	19 156	16 051	16 642
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	PE	PE	PE	PE
		Nombre stations	12	8	25	20
		Nombre EPA / station	30	30	20	20
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	> 2 km	> 2 km	0 - 2 km	0 - 2 km
	6 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	4.4	2.5	8.3	12.4
		Correction marquage	-	-	65 %	-
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	4.4	2.5	5.4	12.4
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	15 422	2 500	6 961	25 369
		Survie apparente corrigée	5.3 %	1.1 %	2.0 %	15.2 %
	12 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	2.8	1.5	5.2	7.4
		Correction marquage	-	-	68 %	-
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	2.8	1.5	3.5	7.4
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	9639	1 458	4 579	15 119
		Survie apparente corrigée	3.3 %	0.6 %	1.3 %	9.1 %
	36 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	5.6	3.8		
		Correction marquage	-	-		
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	5.6	3.8		
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	19 278	3 750		
		Survie apparente corrigée	6.6 %	1.6 %		

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point

UGA SEINE NORMANDIE

Des quantités de civelles déversées modérées, généralement non marquées et suivies sur un nombre raisonnable de stations (entre 8 et 25).

Survie apparente (

Tableau 25)

- Drôme, Aure & Thar: survies apparentes faibles (< 8 %), en particulier pour l'Aure et le Thar. Pourtant l'étude de la dispersion, particulièrement développée sur la Drôme et l'Aure aurait pu favoriser la survie apparente
- Calonne 2013 : une survie apparente moyenne pour chaque suivi (9-15 %)

Or :

- la qualité du lot déversé est bonne pour le Thar (probabilité de survie estimée par expérimentation (15 jours en laboratoire) de 91 % en tenant compte du marquage), moyenne pour la Calonne (82 %) et faible pour l'Aure et la Drôme (71 %). De plus, il est à rappeler que le différentiel de température entre l'eau du site et les caisses de civelles était important pour les projets de 2011, pouvant induire des mortalités à court terme.
- la différence majeure entre l'Aure ou le Thar et la Drôme ou la Calonne est la densité de

3. UGA BRETAGNE

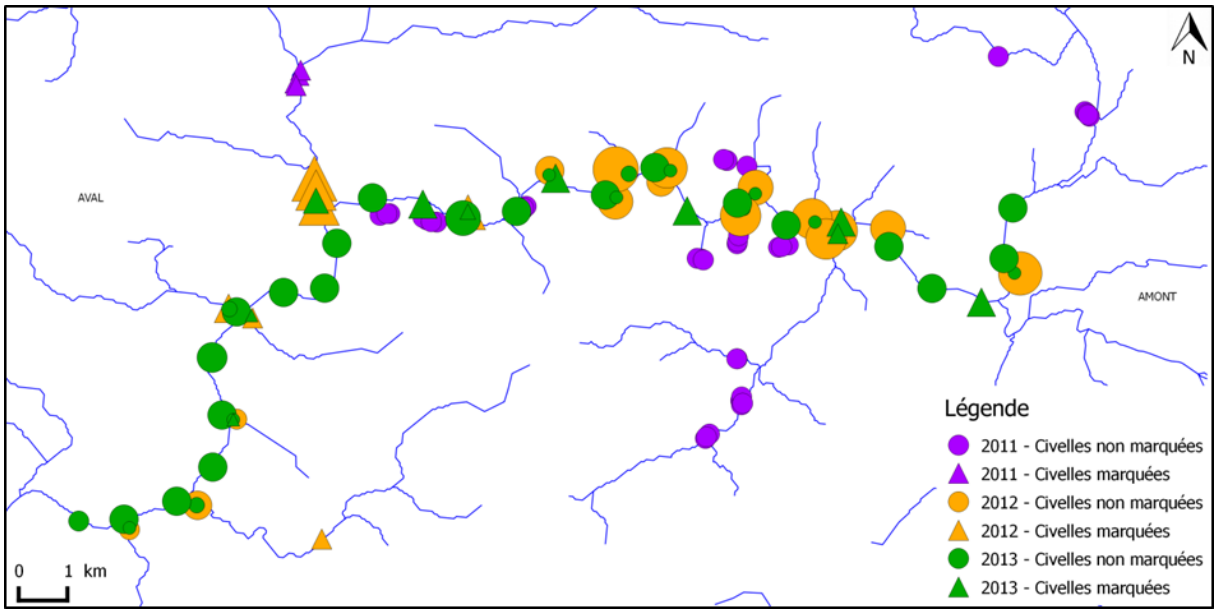

Figure 69 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur la Vilaine. Il est à noter que les civelles marqués n'ont été déversées que sur un étier en 2011 et qu'à l'Est de la zone de déversement en 2012 alors qu'elles sont réparties sur toute la zone de déversement en 2013.

La Vilaine a été déversée durant les trois années étudiées, mais les transferts ont eu lieu dans des habitats différents : les étiers en 2011, les boires en 2012 et le cours d'eau principal et quelques

boires en 2013 (*Figure 20 etFigure 69*). Ainsi des individus d'un projet peuvent être pêchés lors du suivi d'un autre projet.

Vilaine 2011

200 kg de civelles ont été déversés en **40 points** principalement sur les étiers de Vilaine et le Trévelo en mars 2011 (*Figure 70*). **20 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2011 (suivi 6 mois), puis en avril 2012 (suivi 12 mois) et enfin en mai 2014 (suivi 36 mois).

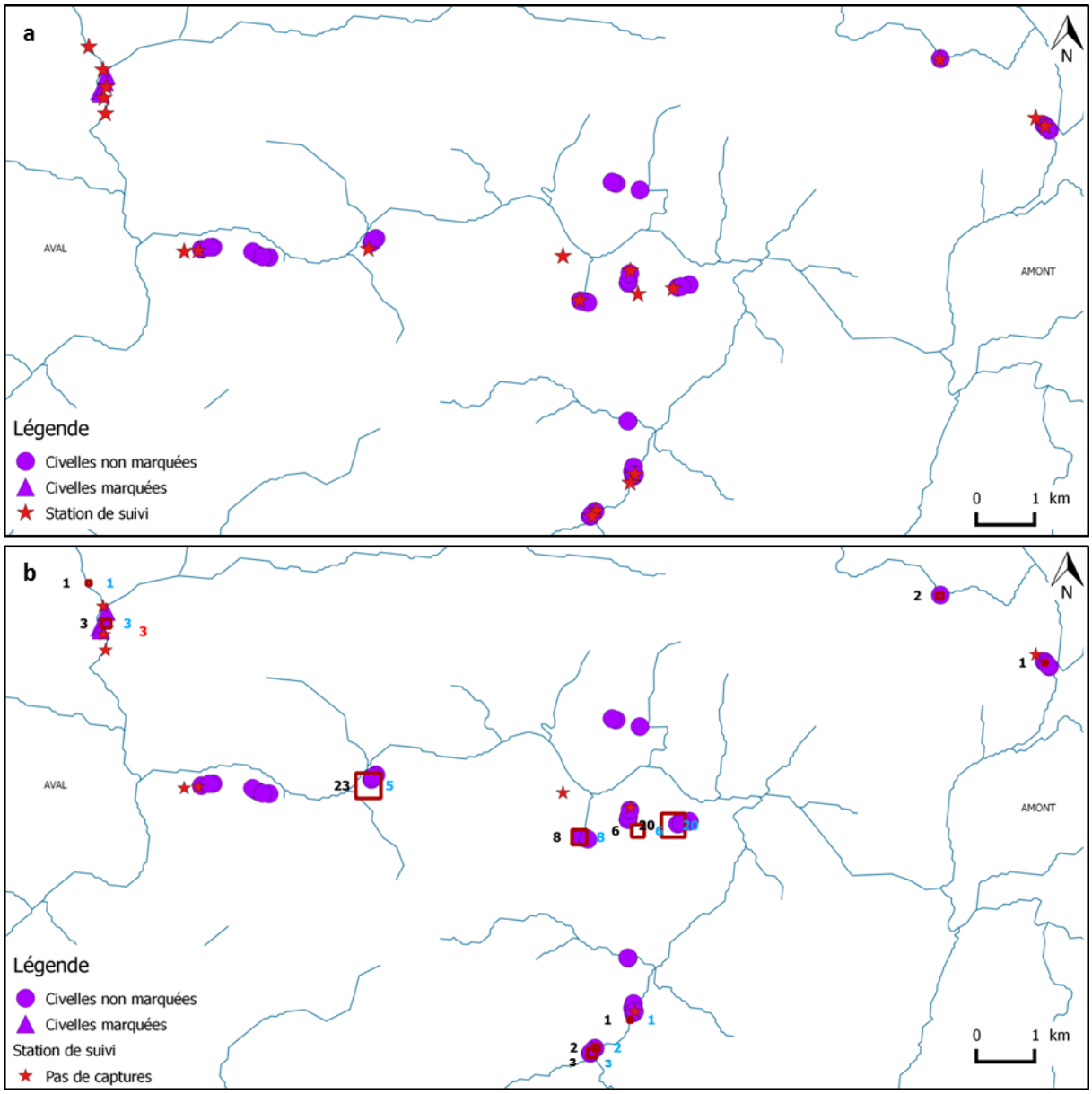

Figure 70 : cartes localisant les 40 points de déversement et les 20 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (cf. tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b) pour le projet de 2011. 5 kg de civelles ont été déversés à chaque point. Les cinq points de déversement de civelles marquées sont localisés au nord-ouest de la zone. Les nombres en noir à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus de la cohorte recherchée autopsiés et marqués (b). Les captures aux suivis 12 et 36 mois ne sont pas indiquées car aucun individu autopsié n'était marqué.

Dispersion

Les individus marqués n'ont été trouvés que lors du suivi 6 mois, à l'endroit où ils avaient été déversés (*Figure 70*). Ce projet ne fournit donc aucune information sur la dispersion.

Survie apparente

La configuration de cette zone de déversement et la cartographie des étiers n'étant que partielle sur le RHT, la surface de zone colonisable, et donc la survie apparente, n'ont pu être calculées. On peut noter cependant la quantité estimée de **353 125 civelles déversées**.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement et chacune a fait l'objet de 30 EPA de pêche électrique (*Figure 70*). Les civelles marquées n'ont été déversées que sur un cours d'eau affluent de la zone de déversement (le Trévelo). Ces pêches ont permis de capturer **70 anguilles** de la classe de taille d'intérêt à 6 mois, **94** à 12 mois et **29** à 36 mois (*Tableau 26*). Sur les **130 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **23 individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivi 6 mois, 12 mois ou trois ans).

A 6 mois, sur les anguilles autopsiées issues de la cohorte recherchée, **3 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **6 %**. Dans la mesure où 10 % des civelles déversées sur la Vilaine en 2011 étaient marquées, on peut estimer que **60 % des individus** d'une taille inférieure ou égale à 130 mm sont issus du transfert (en excluant les 2 individus de la taille d'intérêt estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 71*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **3.4 anguilles / 100 m²** lors de ce suivi.

Cependant, les 3 individus autopsiés et marqués ont été pêchés au niveau des cinq points de déversement de civelles marqués (*Figure 70*), ce qui pourrait laisser suggérer que tous les individus capturés dans la classe de tailles d'intérêt sont issus du transfert. Mais cette zone très localisée constitue également un habitat particulier qui est peut-être moins à même d'être colonisé naturellement. En effet, lors du suivi à 6 mois certains secteurs devant être pêchés ont été retrouvés à sec (4 stations de pêche sur lesquelles 35kg de civelles avaient été déversées), limitant les connexions avec la Vilaine. Il est donc plus délicat d'estimer la densité d'anguilles issues du déversement par rapport aux autres projets avec marquage. On peut cependant noter qu'en considérant tous les individus issus de la classe de tailles d'intérêt comme étant issus du déversement, la densité estimée atteint **5.8 anguilles / 100 m².**

A 12 et 36 mois, aucun individu autopsié ne présentait de marquage. Pourtant, au suivi 12 mois, 20 individus de la cohorte recherchée et issus des stations proches des points de déversement de civelles marquées ont été autopsiés. Au suivi 36 mois, 5 individus (dont seuls 2 de la cohorte recherchée) y ont été autopsiés. Ce résultat peut être dû à divers phénomènes :

- le **marquage n'étant que de 10 %**, il n'est pas forcément évident de retrouver des individus marqués étant donné qu'une colonisation naturelle existe,
- **des sites peu propices à la survie des individus déversés** en raison d'un assèchement de plusieurs zones alevinés
- tous les individus issus du transfert, ou uniquement les individus marqués, ont subi une très **forte mortalité sur le moyen terme**, ne permettant pas de les retrouver à 12 et 36 mois,

- une **dispersion** des individus issus du transfert en dehors de la zone n'a pas permis de retrouver les individus marqués issus du transfert (ils sont en effet en limite amont de la zone de déversement) (*Figure 70*).

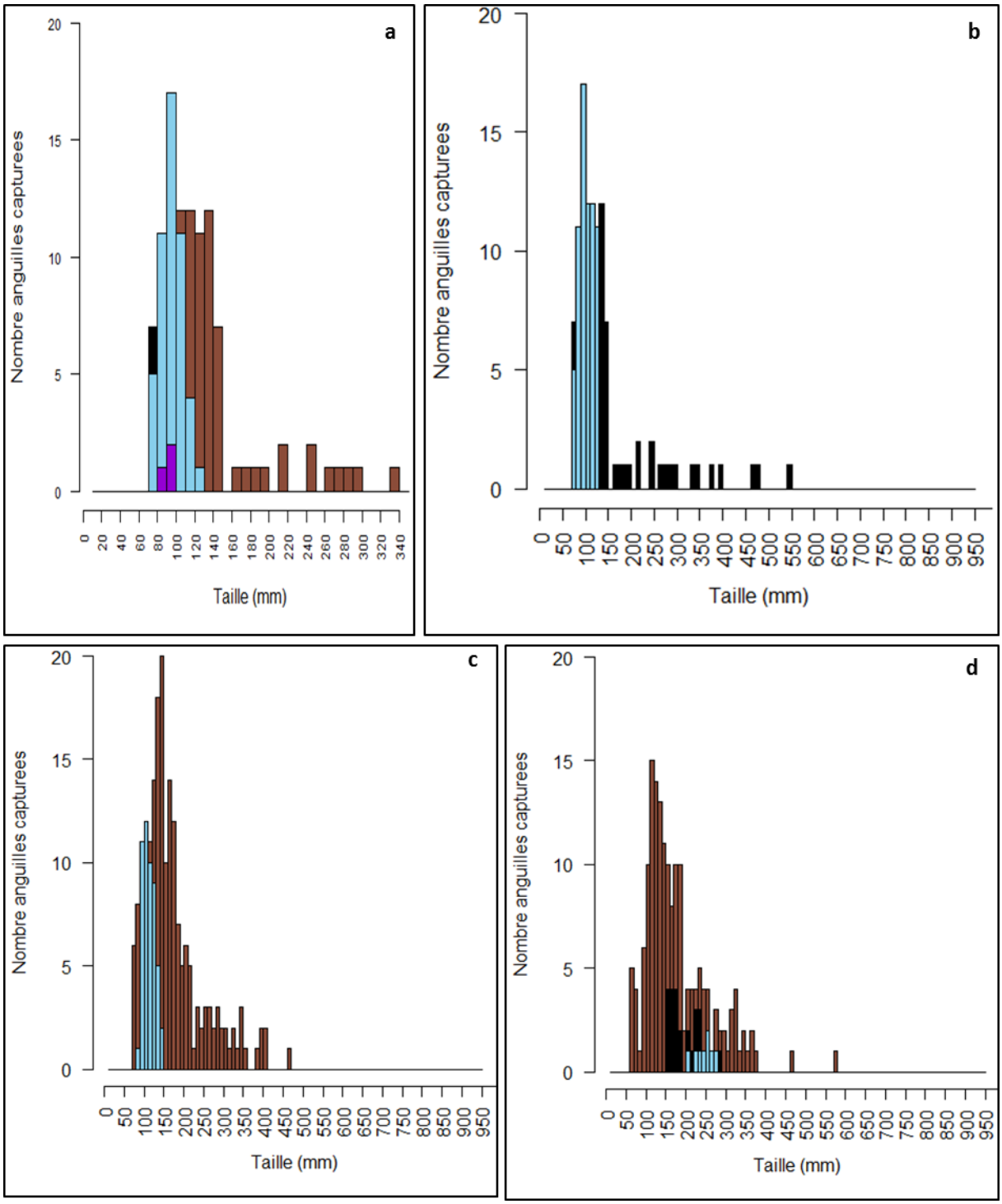

Figure 71 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c) et 36 mois (d) sur le Vilaine, pour le projet 2011. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron) sur les graphiques a, c et d. Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, b et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir), uniquement pour le suivi 6 mois (b), les autres suivis n'ayant pas permis de trouver d'individus marqués de la cohorte recherchée.

Tableau 26. Résumé des captures des deux suivis effectués sur lest étiers de la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 mois et 36 mois respectivement, *Figure 71*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	108	≤ 130	70	51	49	3	6 %
12 mois	194	80 -150	94	50	50	0	0 %
36 mois	169	200 - 280	29	29	8	0 + 2 (2 ans)	0 %

Cependant, en considérant que, lors des autopsies à 12 et 36 mois, **moins d'1 individu** est marqué, le taux d'individus marqués est **inférieur à 2 % et 12.5 %**, respectivement. Dans la mesure où 10 % des civelles déversées sur la Vilaine en 2011 étaient marquées, on peut estimer que **moins de 20 % et 100 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert (en excluant les individus de la taille d'intérêt estimés comme n'étant pas de la cohorte recherchée, *Figure 71*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée comme étant **inférieure à 1.6 et 1.4 anguilles / 100 m²** lors des suivis 12 mois et 36 mois.

Deux autres remarques peuvent être émises concernant les autres projets effectués sur cette zone :

- il est étonnant de ne pas observer un plus grand pic de petits individus au cours du suivi 12 mois puisque 333 kg de civelles ont été déversées en mars 2012 (*Figure 71*). Cependant, comme évoqué précédemment, le projet de 2011 était focalisé sur les étiers, qui sont peu voire non connectés à la Vilaine et qui peuvent donc être difficilement accessibles aux civelles déversées en mars 2012 dans les boires, ainsi qu'aux civelles recrutées naturellement.
- au cours du suivi 36 mois, 2 individus marqués ont été retrouvés mais il s'agissait d'individus âgés de 2 ans, donc issus du projet de 2012.

Vilaine 2012

333 kg de civelles ont été déversés en **22 points** sur les boires de la Vilaine en mars 2012 (*Figure 72*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre 2012 (suivi 6 mois), puis en mai 2013 (suivi 12 mois).

Dispersion

A 6 mois, les individus autopsiés et marqués ont été pêchés sur deux stations en aval des points de déversement de civelles marquées, suggérant une dispersion d'au minimum **2.9 km vers l'aval** (*Figure 72*). A un an, un individu autopsié et marqué a été trouvé sur une station éloignée des points de déversement de civelles marquées, suggérant une dispersion d'au minimum **2.3 km vers l'amont**

ou **2 km vers l'aval**. Les autres captures d'individus autopsiés et marqués sont à proximité des points de déversement de civelles marquées, ne permettant pas d'estimer la dispersion.

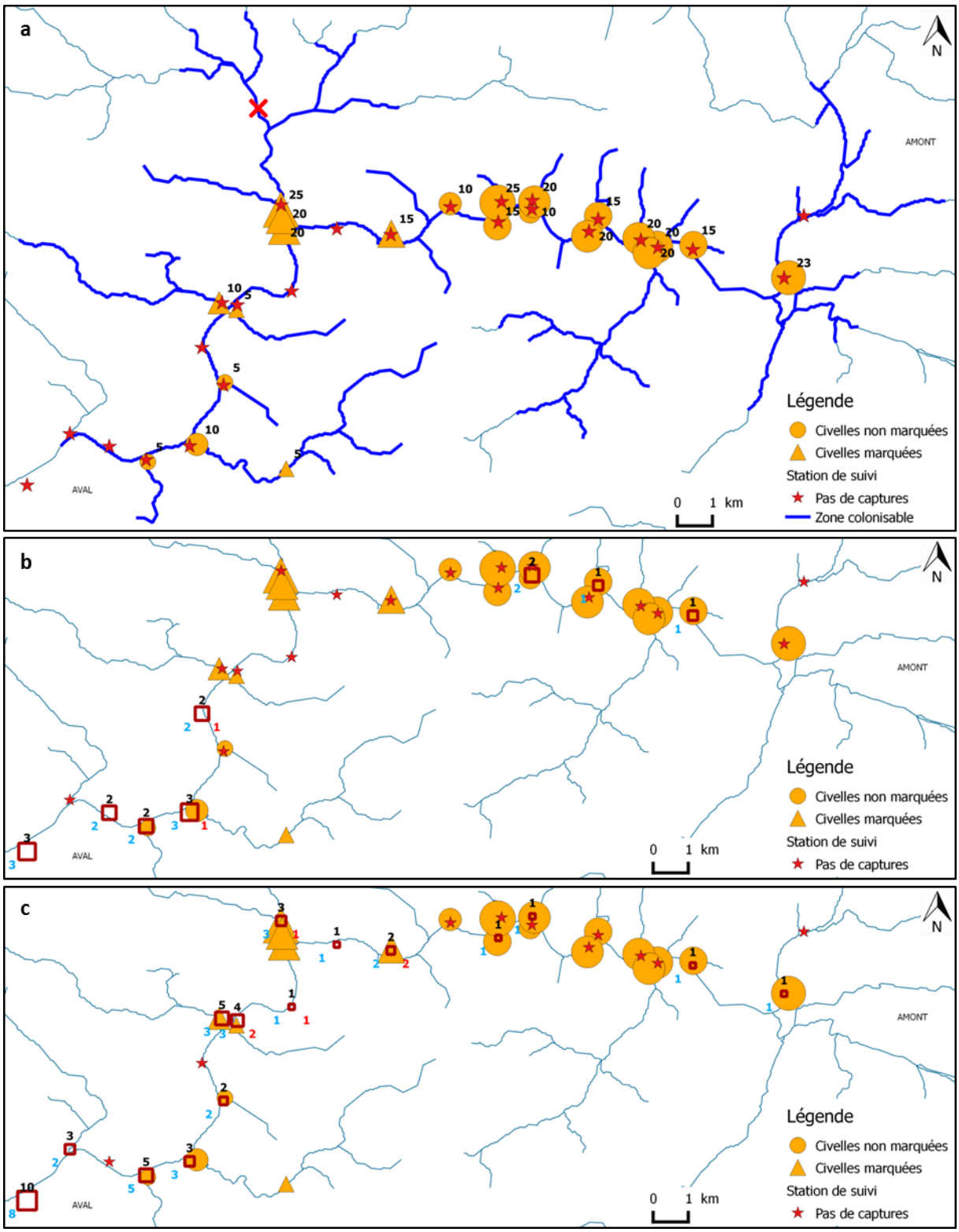

Figure 72 : cartes localisant les 22 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2012. Les nombres à côté des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus de la cohorte recherchée autopsiés et marqués (b et c). La croix rouge (a) visualise la station de suivi pour laquelle deux individus de 2 ans (donc déversés en 2012) ont été autopsiés au cours du suivi 36 mois du projet Vilaine 2011.

Au cours du suivi 36 mois du projet 2011, deux individus de 2 ans du projet 2012 ont été autopsiés et présentaient un marquage. Les stations de capture de ces individus étaient présentes à 3.3 km d'un point de déversement de civelles marquées de 2012.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**300 ha**, *Figure 72*) et de la quantité estimée de **1 119 328 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **37 civelles / 100 m²**, soit **1.1 kg / ha**.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement et chacune a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 72*). Les civelles marquées n'ont été déversées que sur la partie Ouest (aval) de la zone de déversement. Ces pêches ont permis de capturer **16 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **42** à 12 mois (*Tableau 27*). Sur les **54 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que seul **un individu** n'appartenait pas à la cohorte recherchée (à 12 mois). Sur les anguilles autopsiées issues de la cohorte recherchée, **2 et 6 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **13 et 16 %** pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Dans la mesure où 30 % des civelles déversées sur la Vilaine en 2012 étaient marquées, on peut estimer que **43 %** et **53 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **0.7 et 2.2 anguilles / 100 m²** lors des suivis 6 mois et 12 mois, correspondant à **20 800** et **65 600 individus**, respectivement (en excluant l'individu de la taille d'intérêt n'étant pas de la cohorte recherchée, *Figure 73*). La survie apparente est alors estimée à **1.9 %** à 6 mois et à **5.9 %** à 12 mois.

Cependant, au cours de chaque suivi, quatre individus ont été autopsiés sur la partie Est de la zone de déversement, où aucun individu marqué n'a été déversé (*Figure 72*). Ils peuvent ainsi être retirés lors du calcul du pourcentage de marqués observés, qui s'élève alors à **17 %** pour le suivi 6 mois et **18 %** pour le suivi 12 mois. **57 %** et **60 %** des individus de la taille d'intérêt serait alors issus du transfert, conduisant à une densité d'anguilles estimée de **0.9 et 2.5 anguilles / 100 m²** lors des suivis 6 mois et 12 mois, correspondant à **27 360** et **73 800** individus, respectivement. La survie apparente serait alors estimée à **2.4 %** à 6 mois et à **6.6 %** à 12 mois.

Tableau 27. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les boires de la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 73*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	124	≤ 110	16	16	16	2	13 %
12 mois	259	80 - 140	42	38	37	6	16 %

Quelques remarques peuvent également être abordées sur ce projet :

- alors qu'une plus grand quantité de civelles a été déversée sur la partie amont de la zone, elle présente très peu d'individus au cours des suivis (*Figure 72*), suggérant effectivement une colonisation naturelle prépondérante, ou une qualité du milieu différente (berge en argile en cours effondrement).

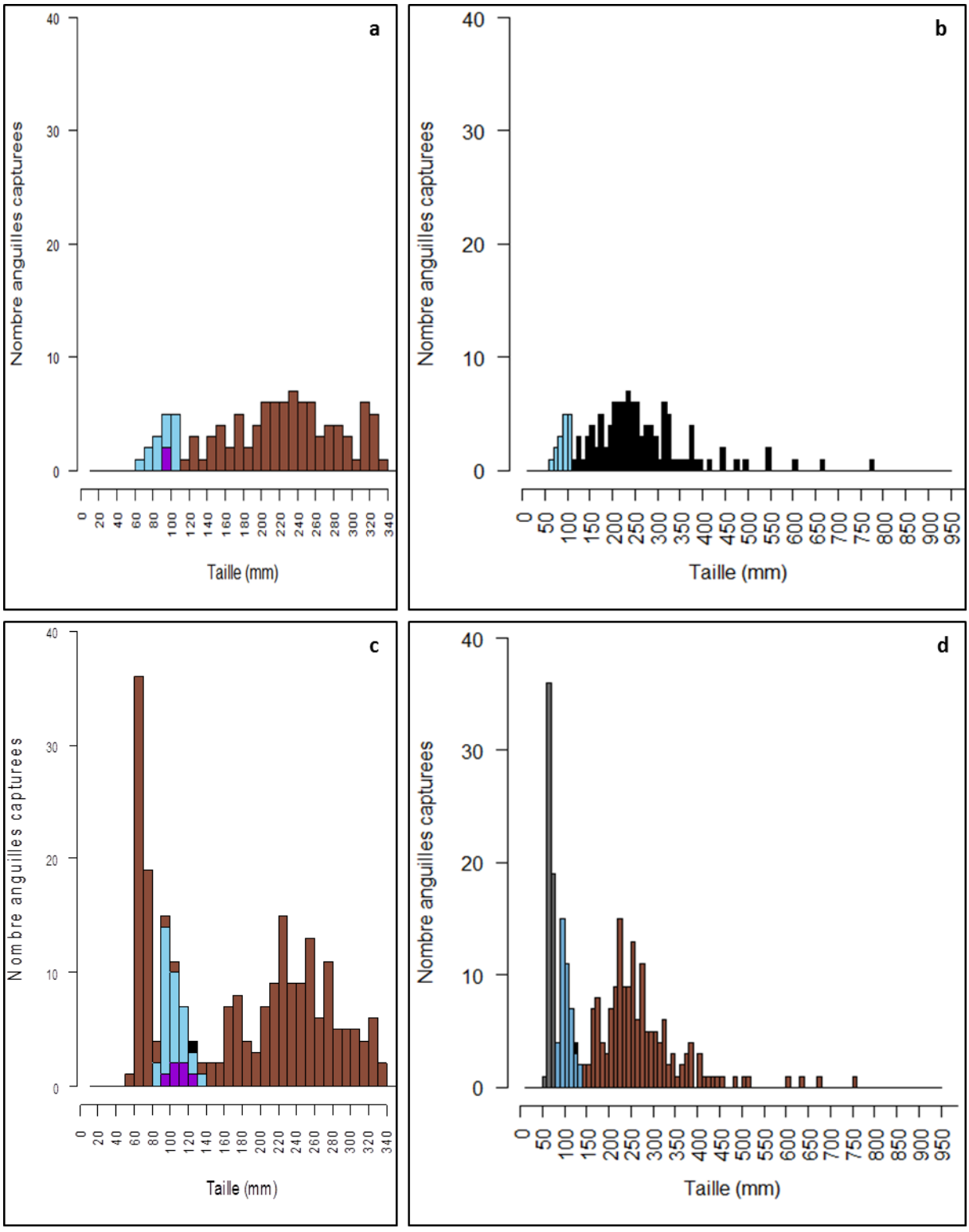

Figure 73 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Vilaine, pour le projet 2012. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

- au suivi 12 mois, les individus de moins de 80 mm ont été écartés de l'autopsie (*Figure 73*), pour éviter d'autopsier des individus provenant du déversement de 2013. Pourtant, il se pourrait que, parmi la vingtaine d'individus de 70 à 80 mm, un certain nombre soit issu du transfert de 2012.
- enfin, en 2013, il a été estimé un recrutement de 537 kg de civelles à Arzal (434 kg par les passes et 103 kg par les écluses, source IAV). En considérant que, au moins le tiers de ce recrutement se trouve sur le secteur suivi, les taux d'individus marqués observés lors de suivis (17 et 18 %) sont cohérents avec les recrutements (100 kg de civelles marquées sur 333 kg déversées + 179 à 537 kg issues d'une colonisation naturelle donne un taux d'individus marqués de 11 à 20 %). Par extrapolation, il semblerait donc que la survie des civelles issues du déversement soit semblable à celle de la passe à 6 et 12 mois.

Vilaine 2013

305.9 kg de civelles ont été déversés en **42 points** sur la Vilaine en mars 2013 (*Figure 74*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre 2013 (suivi 6 mois), puis en mai 2014 (suivi 12 mois).

Durant ce transfert, la majeure partie des civelles a été déversée sur le cours d'eau principal (261 kg sur 26 points, en moyenne 10 kg par point, *Figure 74*). Les 44.9 kg restants ont été déversés sur les boires, en périphérie du cours d'eau principal (en moyenne 2.8 kg par point), sur lesquels des civelles avaient été auparavant déversées en 2012.

Dispersion

A 6 mois, les individus autopsiés et marqués ont été pêchés sur des stations où des civelles marquées avaient été déversées, ce qui ne permet pas de conclure quant à la dispersion éventuelle des individus (*Figure 74*). A 12 mois, un individu autopsié et marqué a été trouvé sur une station éloignée des points de déversement de civelles marquées, suggérant une dispersion d'au minimum **1.6 km vers l'amont** ou **800 m vers l'aval**. De la même manière que pour le suivi 6 mois, les autres captures d'individus autopsiés et marqués ne permettent pas d'estimer la dispersion.

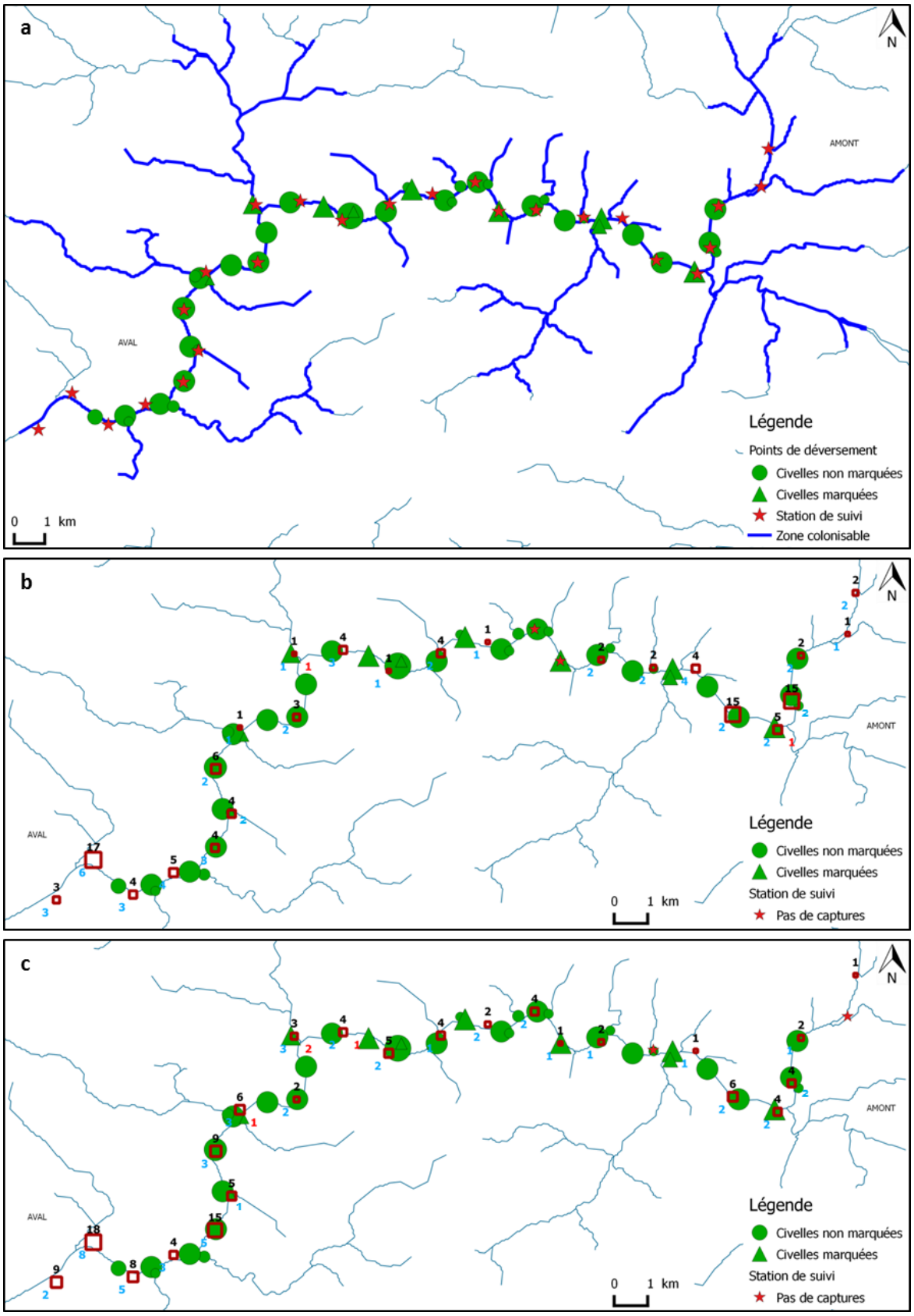

Figure 74 : cartes localisant les 42 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Vilaine (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2013. 10 kg de civelles ont été déversées à chaque point de déversement situé sur le cours principal contre 2 à 10 kg pour les points situés sur les boues, en périphérie du cours principal. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **4 et 8 %** pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Dans la mesure où 23 % des civelles déversées sur la Vilaine en 2013 étaient marquées, on peut estimer que **17 %** et **35 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **1.8 et 4.1 anguilles / 100 m²** lors des suivis 6 mois et 12 mois, correspondant à **57 196** et **132 162 individus**, respectivement (en excluant les individus de la taille d'intérêt estimés comme n'étant pas de la cohorte recherchée, *Figure 75*). La survie apparente est alors estimée à **6.1 %** à 6 mois et à **14.1 %** à 12 mois.

De nouveau, pour le suivi 12 mois, aucun individu de moins de 90 mm n'a été autopsié (*Figure 75*), pour éviter d'autopsier des individus provenant d'un déversement de 2014, effectué sur un affluent de la Vilaine. Pourtant, certains individus pourraient être issus du transfert de 2013. Il aurait ainsi été nécessaire d'autopsier des individus de ces tailles. Cependant, étant donné le taux de marquage de 23 %, quand bien même des individus de ces tailles auraient été autopsiés, il est possible que des individus marqués n'aient pas été trouvés, en raison d'une forte dilution avec les individus issus de la colonisation naturelle et/ou les individus non marqués issus du transfert de 2013.

Enfin, en 2013, il a été estimé un recrutement de 1 652 kg de civelle à Arzal (877 kg par les passes et 775 kg par les écluses, source IAV). De plus, un transfert non encadré par les pêcheurs professionnels de 260 kg (source CRPMEM et Ouest France) augmente ce chiffre à 1912 kg de civelles. En considérant que, au moins le tiers de ce recrutement et du transfert se trouve sur le secteur suivi, les taux d'individus marqués observés lors de suivis (4 et 8 %, *Tableau 28*) sont alors cohérents avec les recrutements (70 kg de civelles marquées sur 305.9 kg déversées + 551 à 1 612 kg issues d'une colonisation naturelle + 87 à 260 kg issues du transfert donne un taux d'individus marqués de 3 à 7 %). Par extrapolation, il semblerait donc que la survie des civelles issues du déversement soit semblable à celle de la passe à 6 et 12 mois.

En considérant que, au moins le tiers de ce recrutement se trouve sur le secteur suivi, les taux d'individus marqués observés lors de suivis (17 et 18 %) sont cohérents avec les recrutements (100 kg de civelles marquées sur 333 kg déversées + 179 à 537 kg issues d'une colonisation naturelle donne un taux d'individus marqués de 11 à 20 %)

Tableau 28. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Vilaine. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 75*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsies (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	288	≤ 120	106	54	53	2	4 %
12 mois	532	90 - 140	119	54	54	4	8 %

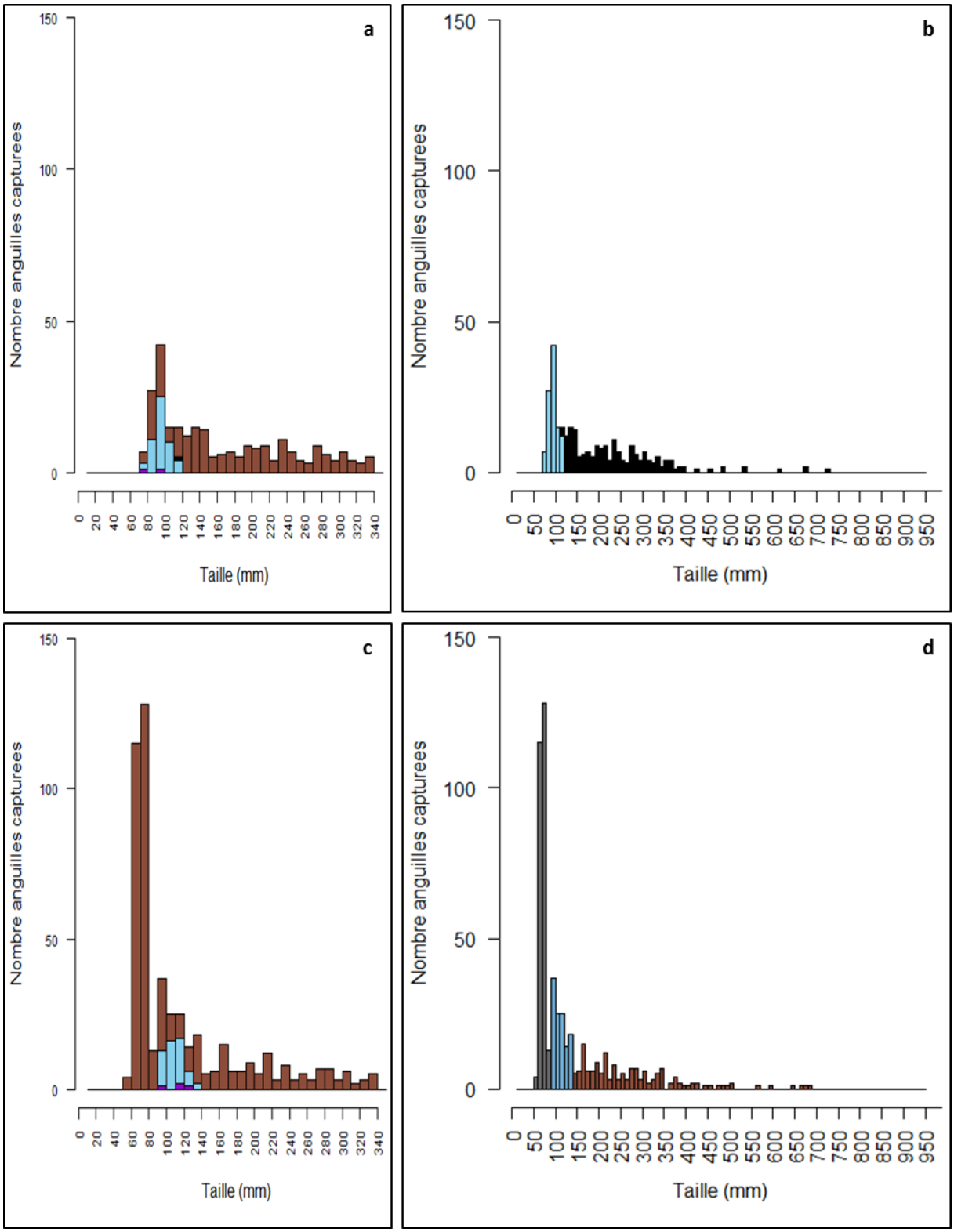

Figure 75 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Vilaine, pour le projet 2013. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Tableau 29. Résumé des données des projets de l'UGA Bretagne

			2011	2012	2013
				Vilaine	
			étiers + le Trévelo	boires	cours principal + boires
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.34	0.30	0.33
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	62 %	92 %	83 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	55 %	91 %	78 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	200	333	305.9
		Nombre de civelles déversées (estimé)	594 059	1 119 328	934 046
		% civelles marquées	10	30	23
		Surface colonisable (ha)	-	300	319
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	-	37	29
		Nombre points de déversement	40	22	42
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	-	1 054	984
		Poids moyen déversé / point (kg)	5	15.4	7.3
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	14 851	50 878	22 239
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	PE	PE	PE
		Nombre stations	20	25	20
		Nombre EPA / station	30	20	20
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	NON	1 - 2 km	1 - 2 km
	6 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	5.7	1.6	10.3
		Correction marquage	60 % **	43 %**	17 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	3.4	0.7	1.8
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)		20 800	57 196
		Survie apparente corrigée		1.9 %	6.1 %
	12 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	7.8	4.0	11.9
		Correction marquage	< 20 %	53 %**	35 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	< 1.6	2.2 *	4.1 *
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)		65 600	132 162
		Survie apparente corrigée		5.9 %	14.1 %
	36 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	1.4		
		Correction marquage	< 100 %		
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	< 1.4		
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)			
		Survie apparente corrigée			

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;
** : la survie est probablement sous-estimée par le choix de ne pas autopsier les plus petits individus ;*
*** : le pourcentage peut-être surestimé du fait que les civelles n'ont été déversées sur une partie de la zone de déversement*

UGA BRETAGNE

Une succession de projets sur le même bief, entre Arzal et Redon (bien que les habitats visés diffèrent selon les années), et la présence de colonisation naturelle conduisant à :

- une interprétation complexe des résultats, notamment lorsqu'aucun individu autopsié n'est marqué
- une probable sous-estimation de la densité d'anguilles issues du déversement par exclusion des petites classes de tailles pour l'autopsie

Survie apparente (*Tableau 29*)

- une densité d'anguilles estimées comme étant issues du transfert plus élevée en 2011 alors que le poids déversé était le plus faible (uniquement à 6 mois, pas de résultat pour 12 mois), mais la particularité des habitats déversés ne permet pas de calculer une survie apparente
- 2012 & 2013 : des survies apparentes supérieures au suivi 12 mois par rapport au suivi 6 mois malgré une possible sous-estimation. Mais cette survie à 12 mois reste faible en 2012 (< 8 %) et moyenne en 2013 (14 %).

Or :

- le projet 2011 cumule à la fois une qualité des civelles faible (probabilité de survie estimée par expérimentation (15 jours en laboratoire) < 70 %) et un nombre de civelles déversées total faible. Mais ces résultats sont à modérer dans la mesure où :
  - la colonisation naturelle et le faible taux de marquage compliquent l'analyse des résultats,
  - les suivis ultérieurs à 6 mois pour le projet 2011 ne donnent aucune information, en raison de l'absence d'individus marqués parmi les autopsies
- la qualité du lot déversé est meilleure en 2012 qu'en 2013 (probabilité de survie estimée par expérimentation (15 jours en laboratoire) de 92 % contre 83 %, en tenant compte du marquage) mais la quantité de civelles déversées par point est deux fois plus élevée en 2012, pouvant conduire à une forte compétition locale à court terme.

Enfin, ce site présente l'avantage d'un recrutement naturel en civelles connu, dont les chiffres laissent à penser que la survie des civelles déversées est comparable à celle des civelles issues du recrutement naturel.

Ces projets mettent en évidence l'importance d'un marquage de tous les individus déversés en cas de colonisation naturelle très probable et importante afin d'interpréter les résultats. Ils soulignent l'intérêt de regrouper les individus marqués au sein de la zone de déversement afin de mieux comprendre la dispersion.

4. UGA LOIRE ET COTIERS VENDEENS

Entre 2011 et 2013, 10 projets ont été réalisés, sur 4 bassins versants (*Figure 20*). Cette analyse démarre par les 4 projets déversés sur le bassin de la Loire, suivis par les 3 projets déversés sur le bassin du Lay et se termine par les 3 projets déversés sur le bassin de l'Auzance et celui de Jaunay et Vie.

BASSIN DE LA LOIRE

La Loire a fait l'objet de trois transferts qui ne se superposent pas mais progressent de l'aval vers l'amont (*Figure 76*). Au sein du suivi d'un projet, la capture d'un individu d'un projet antérieur nécessite donc une certaine dispersion de cet individu depuis son point de déversement.

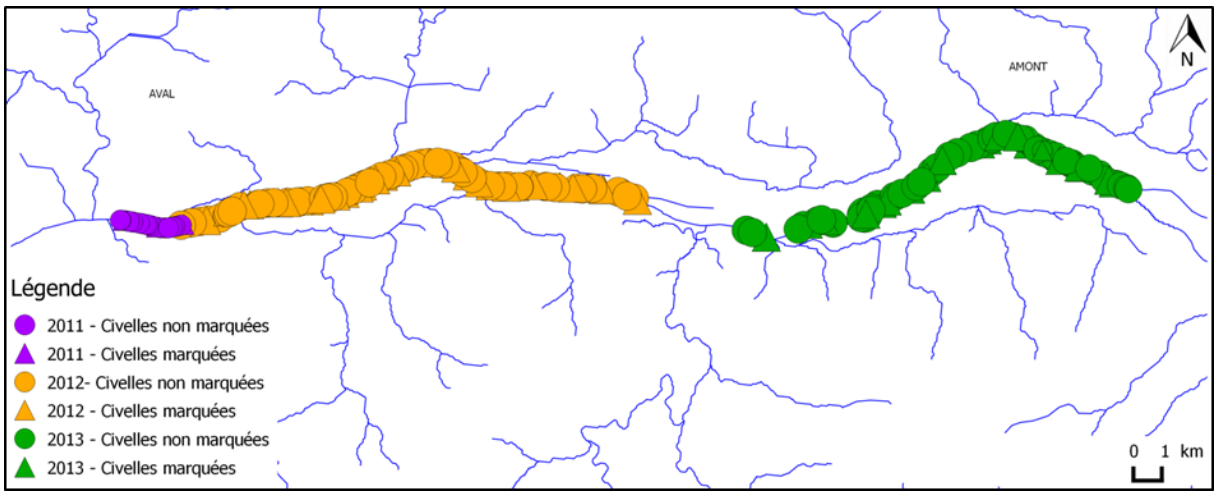

Figure 76 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur la Loire.

Loire 2011

135 kg de civelles ont été déversés en **30 points** sur les lots 10 à 8 de la Loire en avril 2011 (*Figure 77*). **20 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2011 (suivi 6 mois), puis en juin 2012 (suivi 12 mois) et enfin en avril 2014 (suivi 36 mois)

Ce site a pour particularité d'être situé en zone de marée dynamique.

Dispersion

En raison de l'absence d'individus marqués parmi les individus autopsiés, ce projet ne fournit aucune information sur la dispersion.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**260 ha**, *Figure 77*) et de la quantité estimée de **492 701 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **19 civelles / 100 m²**, soit **0.5 kg / ha**. Cette densité est l'une des plus faibles parmi tous les projets étudiés.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement et quelques-unes sont situées en aval (*Figure 77*). Chaque station a fait l'objet de 30 EPA de pêche électrique. Ces pêches ont permis de capturer **88 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois, **357** à 12 mois et **74** à 36 mois (*Tableau 30*). Sur les **154 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **26 individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivi 12 et 36 mois). Ces individus étaient en général des individus de la borne inférieure de la classe de tailles d'intérêt, laissant suggérer qu'il aurait peut-être fallu autopsier des individus plus grands. Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, aucun individu ne présentait un marquage.

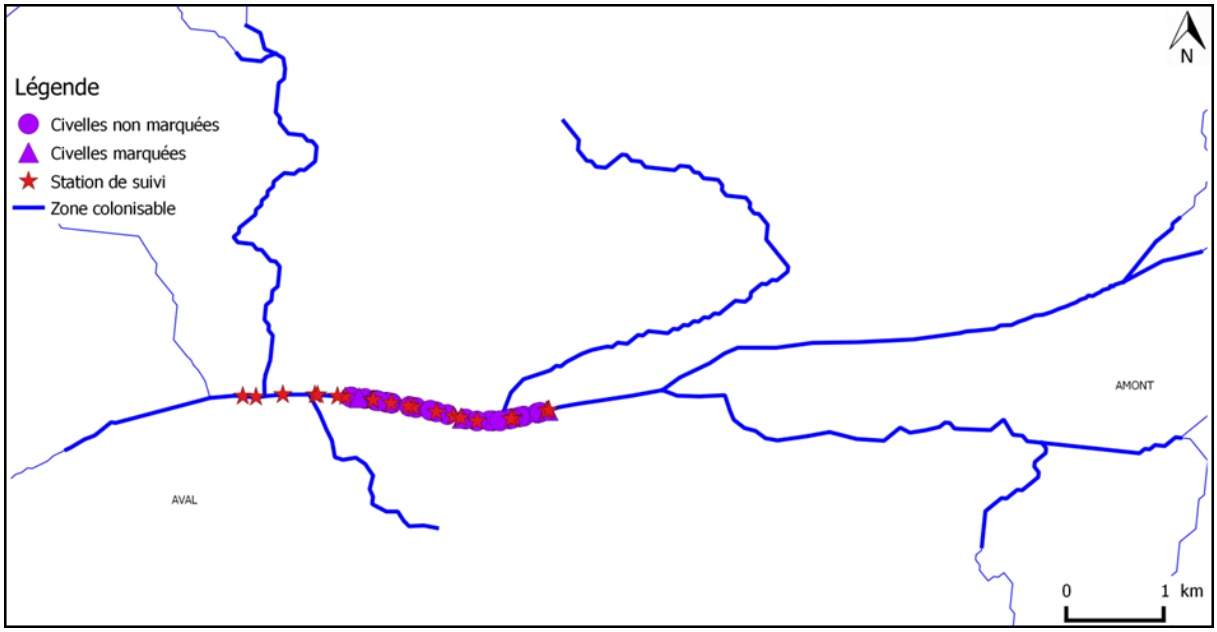

Figure 77 : cartes localisant les 31 points de déversement et les 20 stations de suivi sur les lots 8 à 10 de la Loire, pour le projet de 2011. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). 5kg de civelles ont été déversées à chaque point.

Cependant, en considérant que, lors des autopsies à 6, 12 et 36 mois, **moins d'1 individu** est marqué, le taux d'individus marqués est inférieur à **2 %, 2.3 % et 2.9 %**, respectivement. Dans la mesure où 10 % des civelles déversées sur la Loire en 2011 étaient marquées, on peut estimer que moins de **20 %, 23 %** et **29 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert (en excluant les individus de la taille d'intérêt estimés comme n'étant pas de la cohorte recherchée, *Figure 78*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée comme étant **inférieure à 1.5, 2.4 et 1.4 anguilles / 100 m²** lors des trois suivis, correspondant à **moins de 38 177, 62 862 et 37 114 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée comme étant **inférieure à 7.7 %** à 6 mois, **12.8 %** à 12 mois et **7.5 %** à 36 mois.

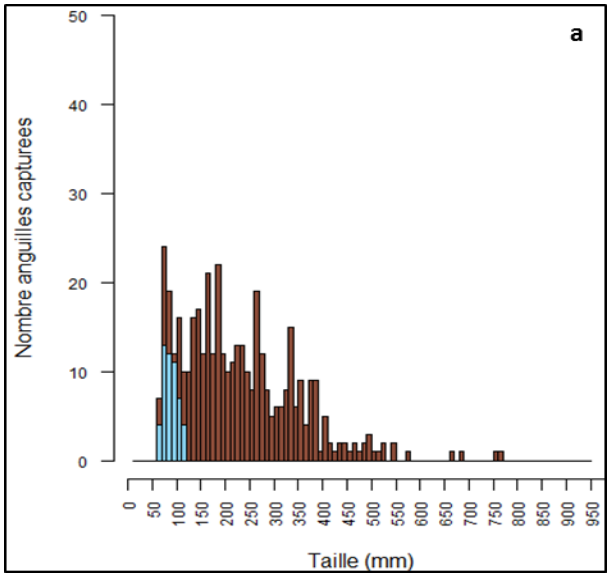

Figure 78 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b et c) et 36 mois (c et d) sur les lots 10 à 8 de la Loire, pour le projet 2011. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron). Ainsi, les individus représentés en bleu correspondent à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée. Les graphiques c et e ont été zoomés (b et d) étant donné le nombre important d'anguilles pêchées.

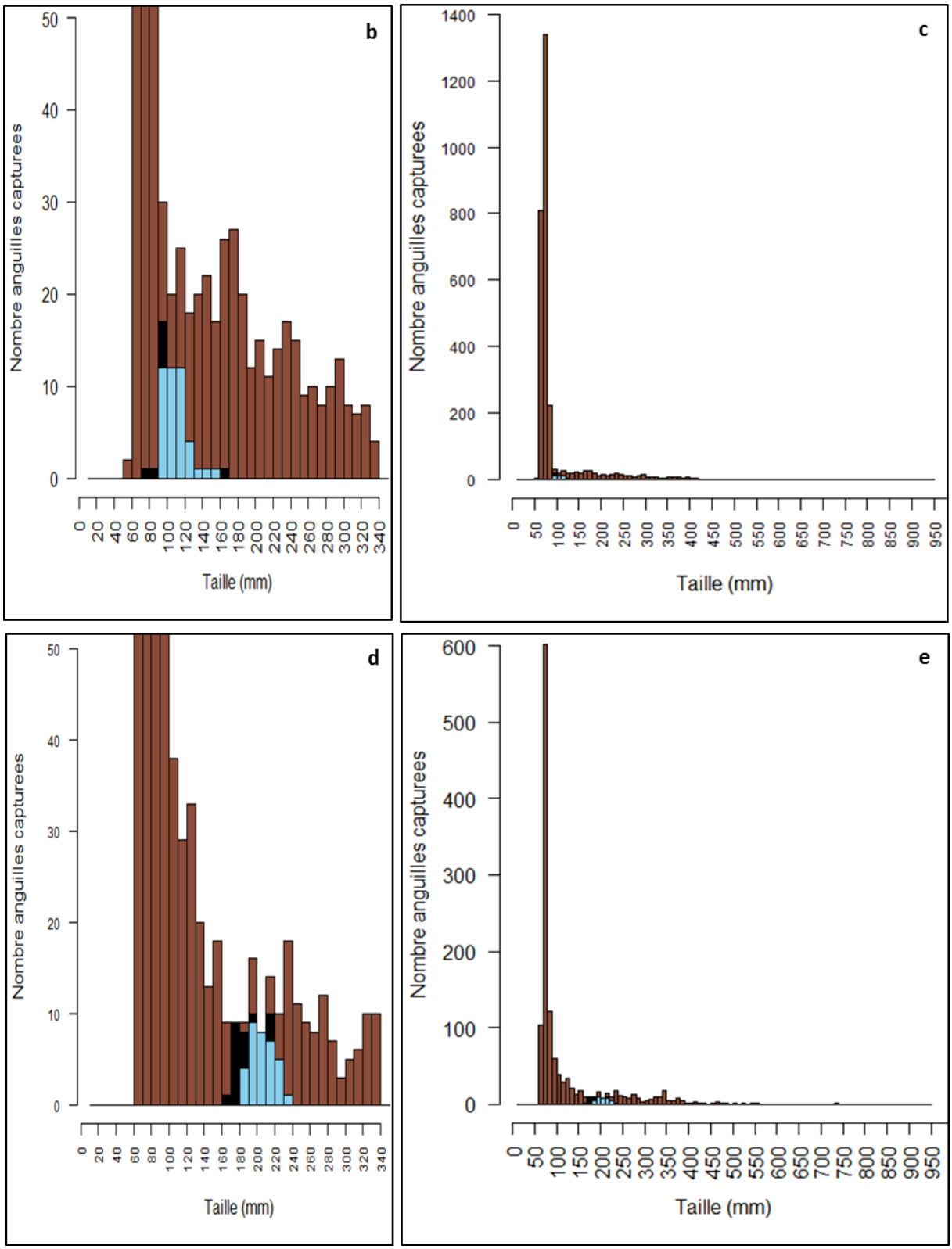

Figure 78 (suite) : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b et c) et 36 mois (c et d) sur les lots 10 à 8 de la Loire, pour le projet 2011. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron). Ainsi, les individus représentés en bleu correspondent à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée. Les graphiques c et e ont été zoomés (b et d) étant donné le nombre important d'anguilles pêchées.

Tableau 30. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 10 à 8 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 78*Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsie (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	424	60-120	88	51	51	0	0 %
12 mois	2804	80 - 150	357	51	43	0	0 %
36 mois	1269	180 - 240	74	52	34	0	0 %

Alors qu'il est relativement étonnant de ne rencontrer aucun individu marqué à 6 mois puisque 51 des 88 individus de taille inférieure ou égale à 120 mm ont été autopsiés (*Figure 78*), la colonisation naturelle peut rendre difficile le choix de la taille à autopsier si la croissance est particulièrement importante. Il est également à noter que le pourcentage initial de marqués n'était que de 10 % pour ce projet, ce qui limite également les chances de retrouver des individus marqués. Enfin, ce projet ne tenait pas compte d'une éventuelle dispersion des individus vers l'amont (*Figure 77*).

Loire 2012

972 kg de civelles ont été déversés en **96 points** sur les lots 10 à 8 de la Loire en mars 2012 (Figure 79). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre 2012 (suivi 6 mois), puis en juin 2013 (suivi 12 mois).

Ce site a pour particularité d'être en partie situé sur la limite amont de la zone de marée dynamique.

Dispersion

Les stations sur lesquelles des anguilles ont été autopsiées et présentaient un marquage ne se situent pas à plus de **500 m en amont** ou **200 m en aval** d'un point de déversement de civelles marquées lors du suivi 6 mois et 12 mois (Figure 79). En revanche, deux individus autopsiés et marqués du suivi 12 mois du projet de 2013 ont été âgés comme provenant du projet 2012. L'un de ces individus aurait alors parcouru un peu plus de 30 km (station de suivi située au niveau du second point de déversement le plus aval du projet 2013, *Figure 76* et *Figure 81*).

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**555 ha**, Figure 79) et de la quantité estimée de **2 036 364 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **53 civelles / 100 m²**, soit **1.8 kg / ha**. Il s'agit du plus gros transfert des trois années (presqu'une tonne déversée).

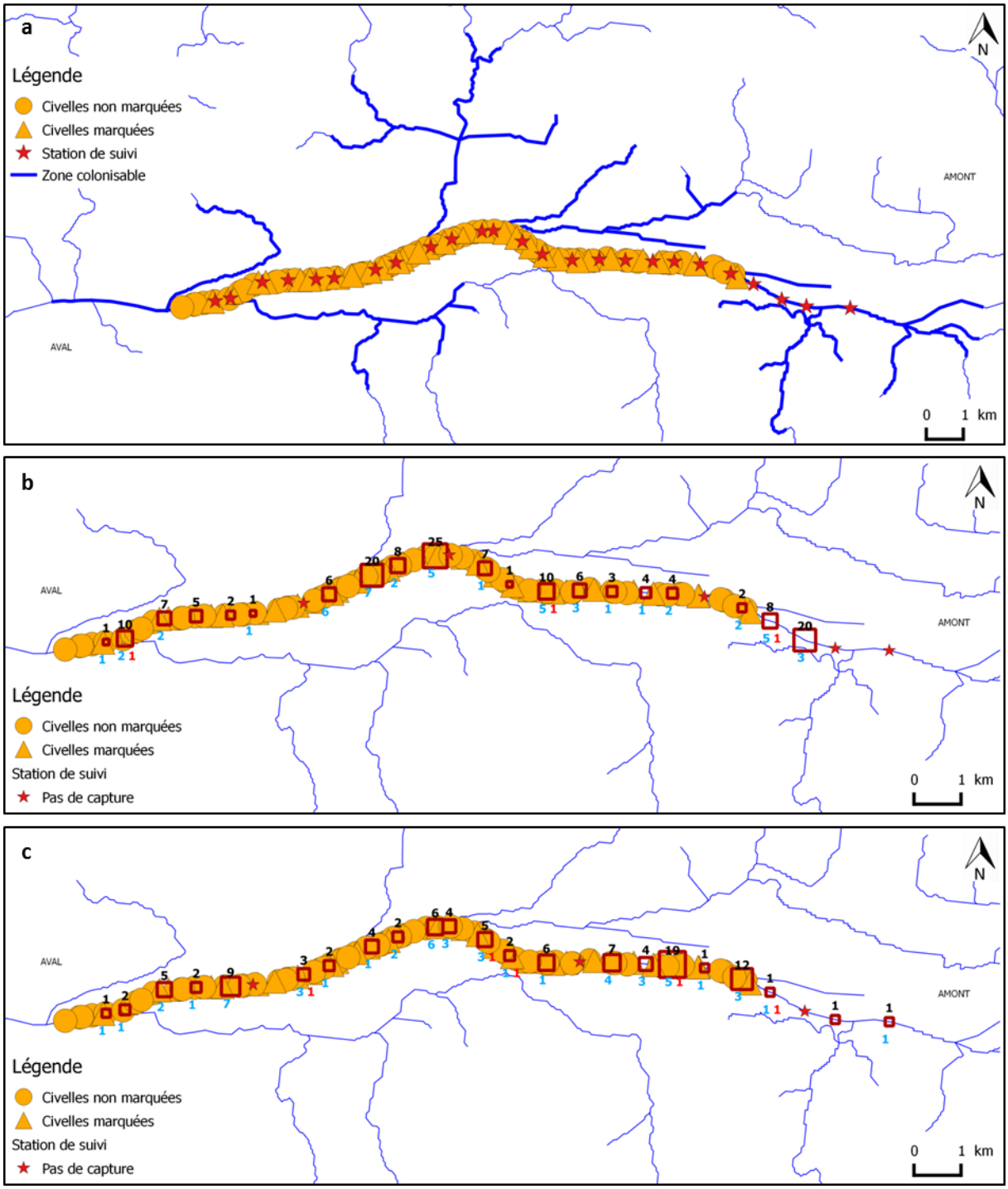

Figure 79 : ***cartes localisant les 102 points de déversement et les 25 stations de suivi sur les lots 10 à 8 de la Loire (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet de 2012. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Un maximum de 12 kg de civelles a été déversé à chaque point (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent respectivement aux nombres d'individus autopsiés et marqués de la cohorte recherchée (b et c).***

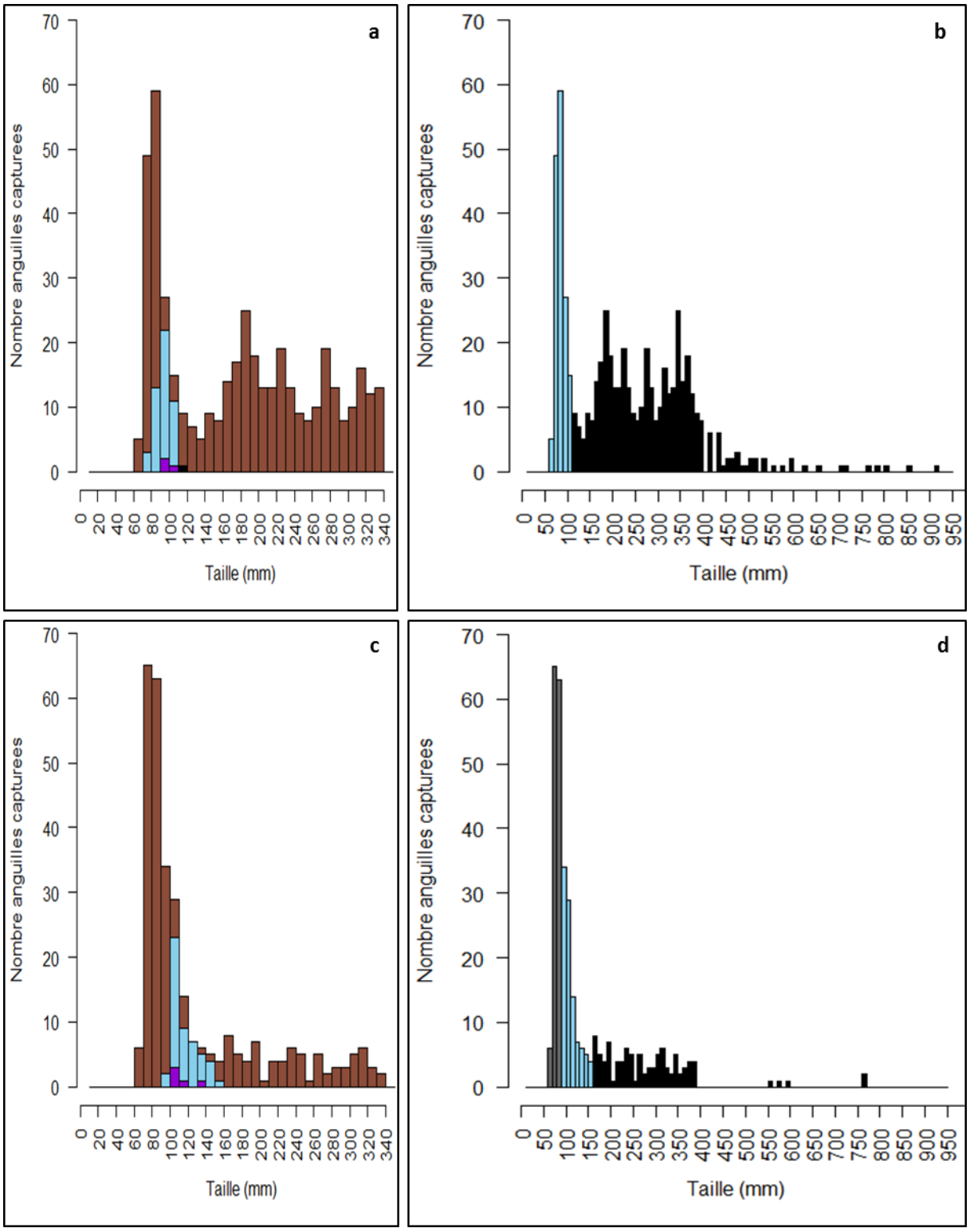

Figure 80 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur les lots 10 à 8 de la Loire, pour le projet 2012. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement, et quelques-unes sont situées plus en amont (Figure 79). Chaque station a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique. Ces pêches ont permis de capturer **150 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **99** à 12 mois (*Tableau 31*). Sur les **101 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que seuls **deux individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivi 6 mois). Ces individus présentaient une taille supérieure à 110 mm. Ainsi, il est considéré que seuls les individus de taille inférieure ou égale à 110 mm peuvent être issus du transfert pour ce suivi. Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **3 et 5** individus présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **6 et 10 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où, en 2012, 30 % des civelles déversées sur la Loire étaient marquées, on peut estimer que **20 et 33 %** des individus de la classe de tailles d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **3.0 et 3.3 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **166 380 et 183 018 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **5.6 %** à 6 mois et **6.2 %** à 12 mois.

Il est cependant à noter qu'aucun individu de moins de 90 mm n'a été autopsié au cours du suivi de 12 mois (*Figure 80*), probablement pour éviter d'autopsier des individus de 6 mois issus d'une colonisation naturelle. Ainsi la survie apparente est probablement sous-estimée pour ce suivi.

Tableau 31. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 10 à 8 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 80*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb capturés (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	570	70 - 110	150	50	49	3	6 %
12 mois	602	90 - 160	99	51	51	5	10 %

Loire 2013

350 kg de civelles ont été déversés en **35 points** sur le lot 7 de la Loire en février 2013 et **349.7** kg ont été déversés en **37 points** sur le lot 6 en mars 2013 (*Figure 81*). Il s'agit de deux projets accolés avec un suivi mis en place pour les deux projets. **25 stations** ont été suivies sur chaque lot (6 et 7) par pêche électrique par point en septembre 2013 (suivi 6 mois), puis en mai 2014 (suivi 12 mois).

Ce site a pour particularité de présenter une quinzaine de stations de suivi en amont de la zone de déversement. Il est totalement situé en amont de la zone de marée dynamique.

Dispersion

Au sein de la zone de déversement, les stations sur lesquelles des anguilles ont été autopsiées et présentaient un marquage ne se situent pas à plus de **550 m en aval** d'un point de déversement de civelles marquées à 6 mois comme à 12 mois (*Figure 81*). En revanche, dès 6 mois, plusieurs anguilles autopsiées et marquées ont été retrouvées sur des stations présentes en amont de la zone de déversement. Parmi elle, l'anguille la plus distante d'un point de déversement de civelles marquées a été trouvée sur une station située à **7 km en amont**.

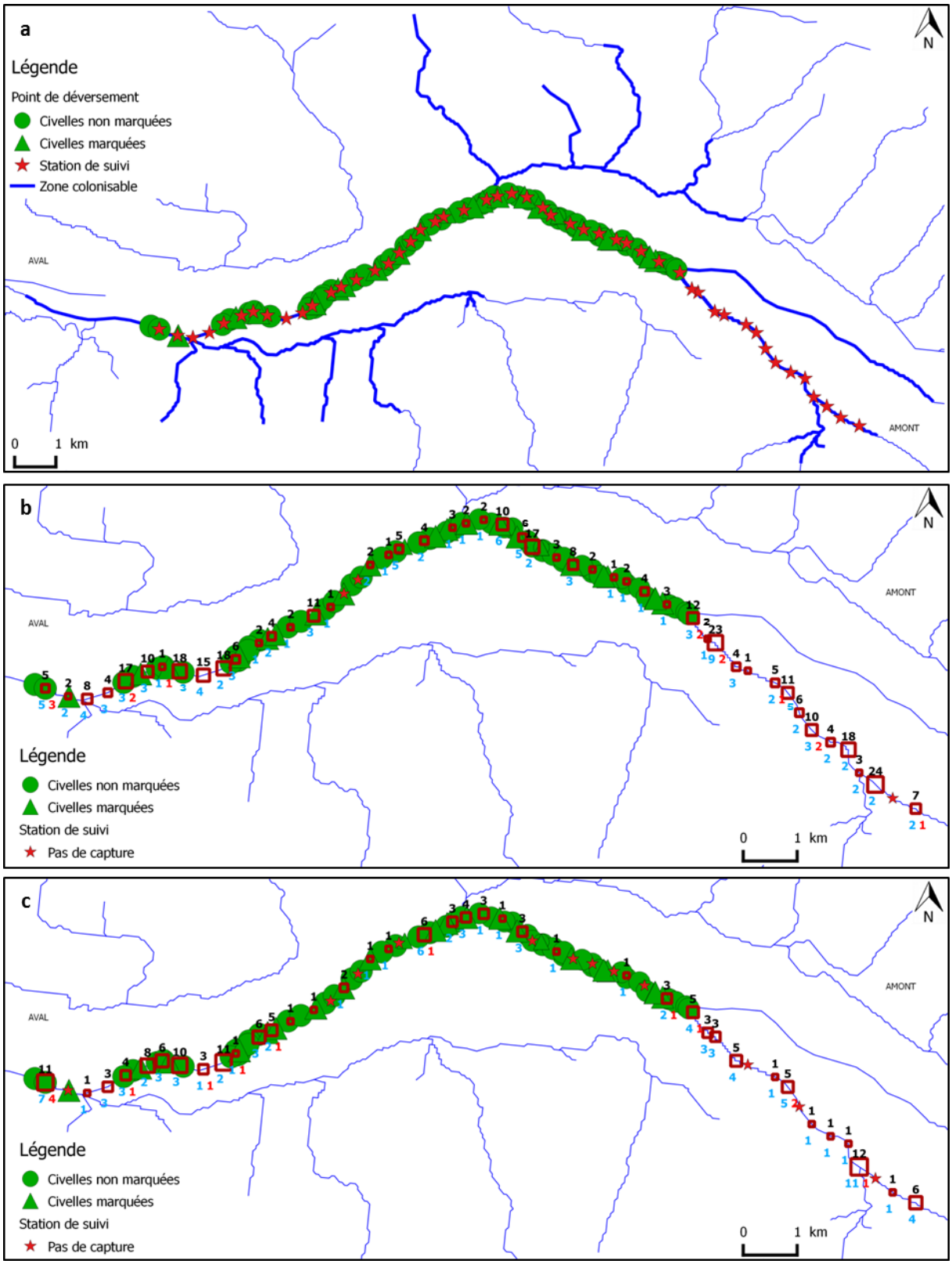

Figure 81 : cartes localisant les 72 points de déversement et les 50 stations de suivi sur les lots 7 et 6 de la Loire (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Un maximum de 10 kg de civelles a été déversé à chaque point (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

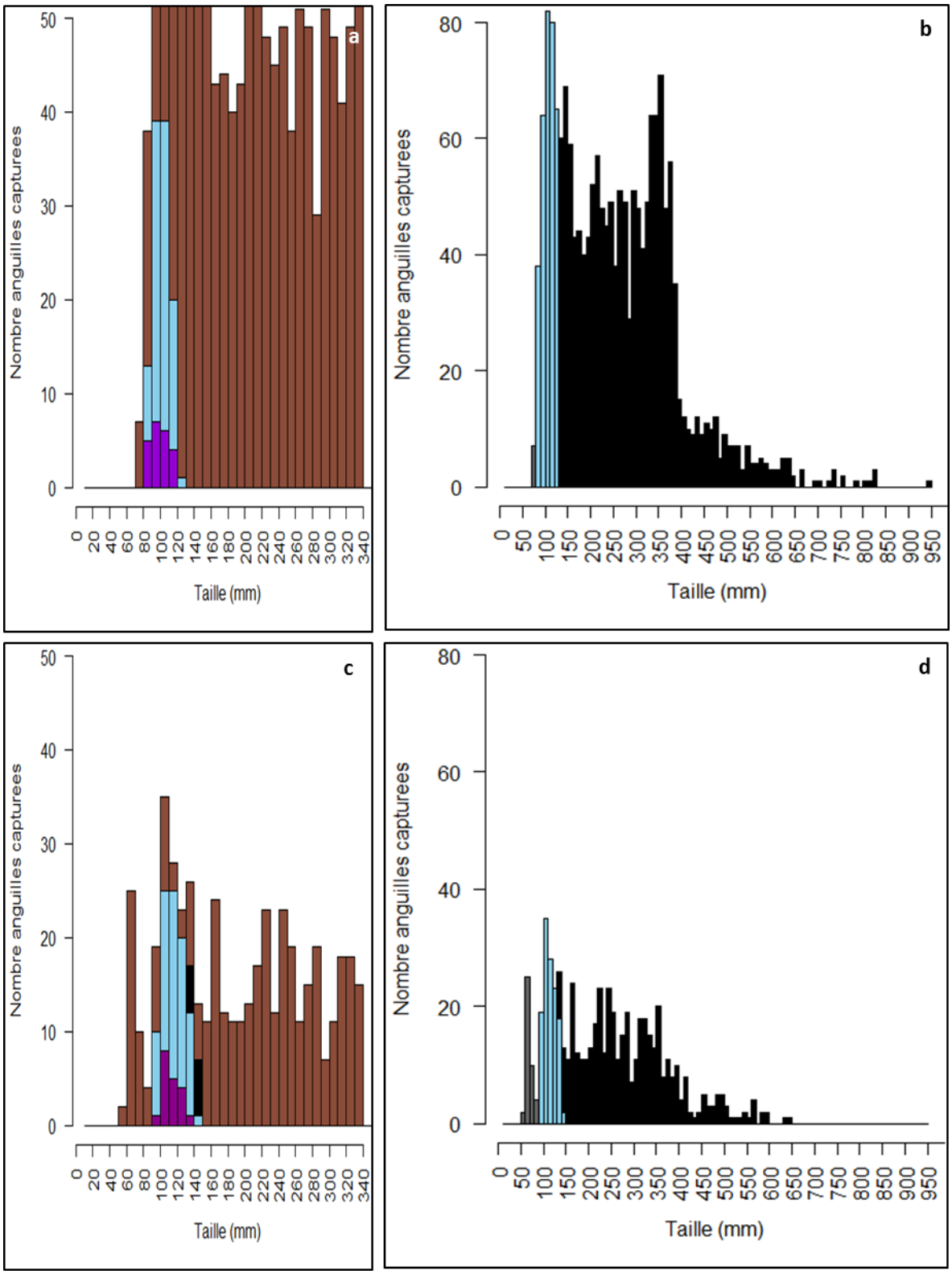

Figure 82 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur les lots 7 à 6 de la Loire, pour le projet 2013. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**544 ha**, *Figure 81*) et de la quantité estimée de **2 091 983 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **38 civelles / 100 m²**, soit **1.3 kg / ha**. Il s'agit de l'une des densités les plus faibles parmi tous les projets.

Chaque station de suivi a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 81*). Ces pêches ont permis de capturer **329 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **144** à 12 mois (*Tableau 32*). Sur les **216 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **11 individus** dont deux marqués n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (12 mois). Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **22 et 21 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **20 et 23 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où, en 2013, 30 % des civelles déversées sur la Loire étaient marquées, on peut estimer que **67 et 77 % des individus** de la classe de tailles d'intérêt sont issus du transfert aux suivis 6 et 12 mois, respectivement (en excluant les 19 individus estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 81*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **11.0 et 4.8 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **596 916 et 260 810 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **28.5 %** à 6 mois et **12.5 %** à 12 mois.

Il est à noter que pour le suivi 12 mois, aucun individu de moins de 90 mm n'a été autopsié (*Figure 82*). Cependant, contrairement aux projets précédents effectués sur la Loire, le pic d'individus de taille inférieure à 90 mm reste modéré, et bien individualisé du pic suivant contenant les individus autopsiés, laissant suggérer qu'il pourrait s'agir uniquement de colonisation naturelle.

Tableau 32. Résumé des captures des deux suivis effectués sur les lots 7 à 6 de la Loire. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 82*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	1840	80 - 130	329	112	112	22	20 %
12 mois	602	90 - 150	144	104	93	21 (+2 de 2 ans)	23 %

Creuse 2013

208.1 kg de civelles ont été déversés en **26 points** sur la Creuse en mars 2011 (*Figure 83*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en février 2013 (suivi 6 mois), puis en octobre 2013 (suivi 12 mois). Lors du déversement, la Creuse était en crue, pouvant conduire à une forte dispersion des civelles vers l'aval.

Ce projet a pour particularité de présenter le barrage de Descartes en amont du dernier point de déversement (*Figure 83*). 5 stations de suivi ont été placées en amont de ce barrage afin de déterminer si des individus pouvaient le franchir. Par défaut, la surface colonisée par les civelles déversées s'arrêtera au pied du barrage.

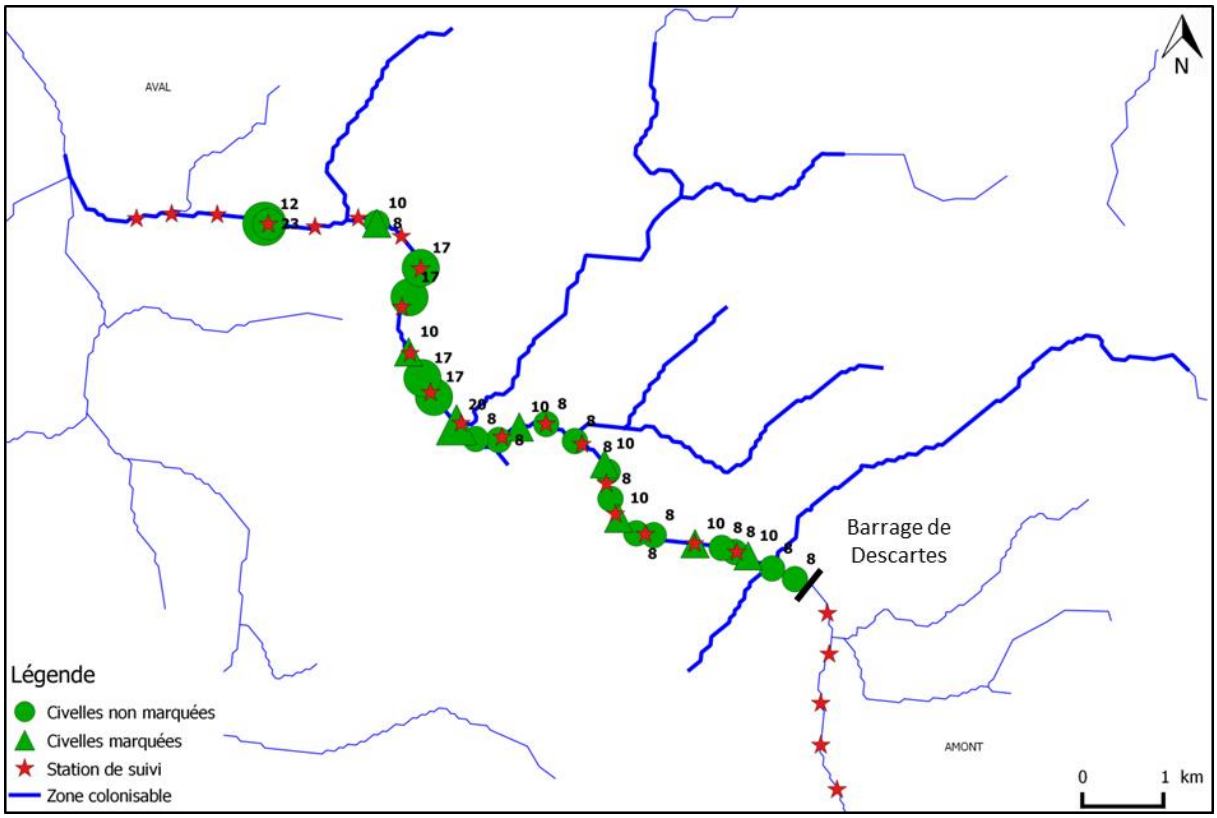

Figure 83 : carte localisant les 26 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Creuse. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Cette zone exclue les cinq dernières stations de suivi en raison de la présence d'un barrage, représenté en noir. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversées.

Dispersion

Aucun individu n'a été capturé au-delà du barrage de Descartes suggérant qu'il est bien difficilement franchissable à la montaison (*Figure 84*).

Les anguilles autopsiées et présentant un marquage ont été trouvées dans des stations présentes à moins de **600 m à l'aval** et **850 m à l'amont** d'un point de déversement de civelles marquées, au suivi 6 mois (*Figure 84*). En revanche, au suivi 12 mois, un individu autopsié et marqué a été pêché sur une station située à **3 km à l'aval** d'un point de déversement de civelles marquées.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**95 ha** en aval du barrage, *Figure 83*) et de la quantité estimée de **612 059 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **65 civelles / 100 m²**, soit **2.2 kg / ha**.

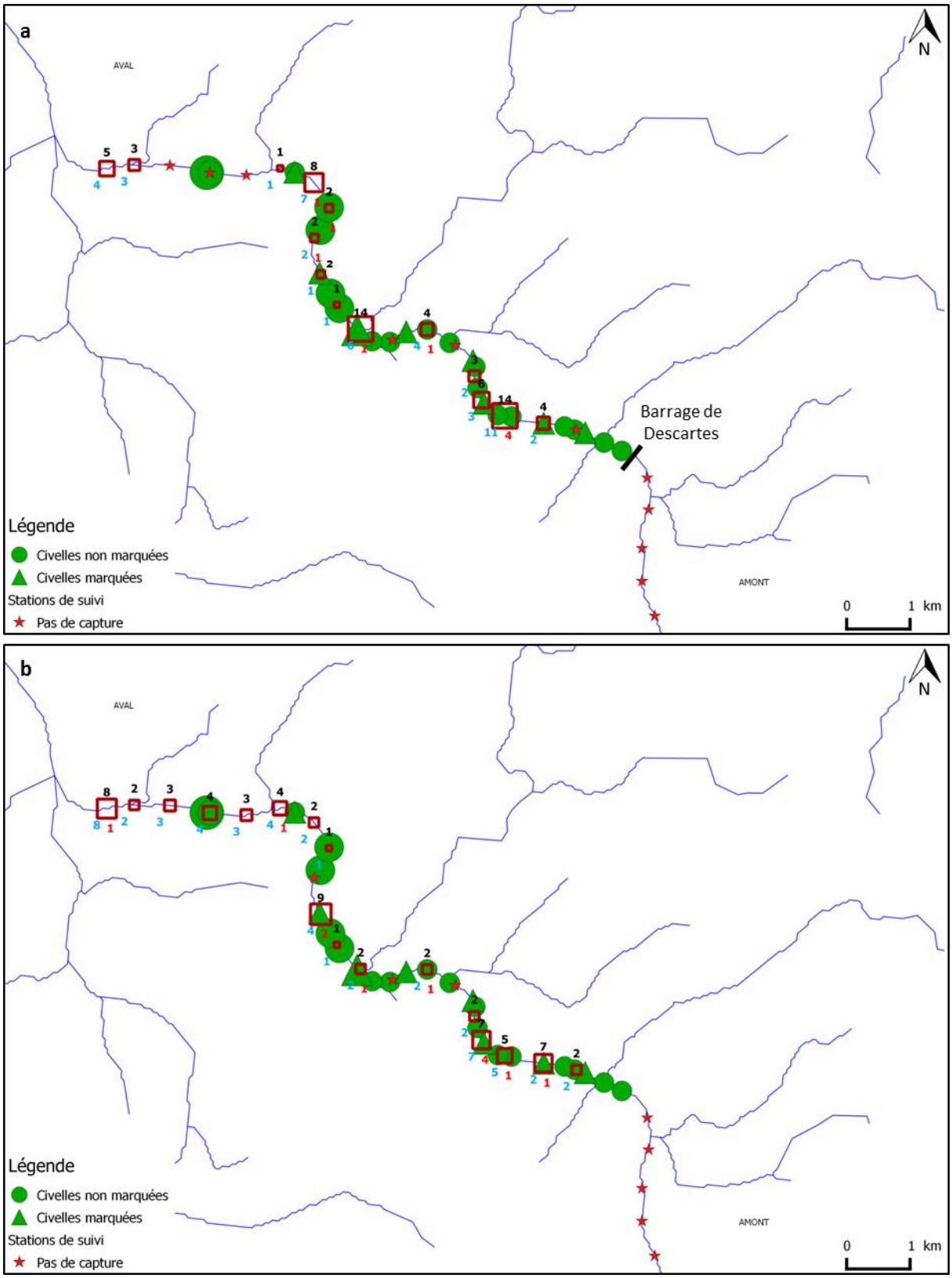

Figure 84 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) sur la Creuse. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station. Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement.

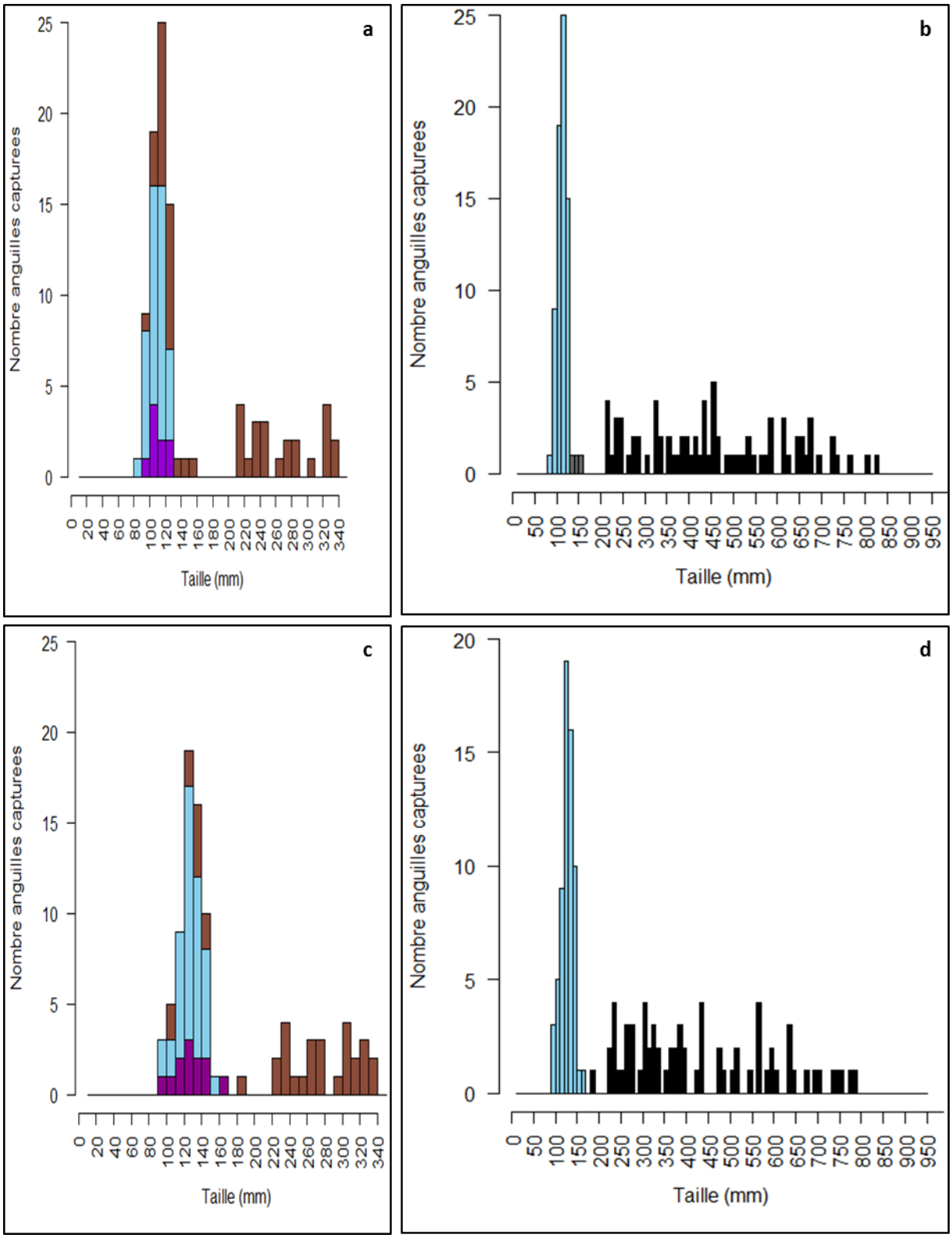

Figure 85 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur la Creuse. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a et c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a et c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b et d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Les 20 stations de suivi situées en aval du barrage sont réparties au sein de la zone de déversement et quelques-unes sont localisées en aval (*Figure 83*). Chaque station a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique. Aucune anguille, toutes tailles confondues, n'a été pêchée à l'amont du barrage. En revanche, à l'aval, les pêches ont permis de capturer **69 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **64** à 12 mois (*Tableau 33*). Sur les **102 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que tous les individus appartenaient à la cohorte recherchée. **9 et 12 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **19 et 22 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 30 % des civelles déversées sur la Creuse étaient marquées, on peut estimer que **63 et 73 %** des individus d'une taille inférieure ou égale à 130 mm et 170 mm aux suivis 6 et 12 mois respectivement, sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **5.5 et 5.9 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **51 730 et 55 557 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **8.5 %** à 6 mois et **9.1 %** à 12 mois. Cependant, cette survie est probablement sous-estimée en raison d'une probable dispersion des civelles par les crues, bien au-delà de la zone de suivi.

Tableau 33. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Creuse. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 85*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	151	≤ 130	69	48	48	9	19 %
12 mois	133	≤ 170	64	54	54	12	22 %

Tableau 34. Résumé des données des projets du bassin de la Loire

			2011	2012	2013		
			Loire 10_8	Loire 10_8	Loire 7	Loire 6	Creuse
PRE-DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.27	0.33	0.35	0.32	0.34
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	71 %	91 %	94 %	92 %	86 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	64 %	89 %	92 %	89 %	83 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	135	972	350	349.7	208.1
		Nombre de civelles déversées (estimé)	492 701	2 945 455	2 091 983		612 059
		% civelles marquées	10	30	30		30
		Surface colonisable (ha)	260	555	544		95
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	19	53	38		65
		Nombre points de déversement	30	96	70		26
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	71	161	219		399
		Poids moyen déversé / point (kg)	5	10	9.7		11.5
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	18 248	30 366	29 885		33 722
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	PE	PE	PE		PE
		Nombre stations	20	25	50		20 ^
		Nombre EPA / station	30	20	20		20
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	0 - 2 km	0 - 2 km	> 2 km		0 - 2 km
	6 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	7.3	15.0	16.5		8.6
		Correction marquage	< 20	20 %	67 %		63 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	< 1.5	3.0	11.0		5.5
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	< 38 177	166 380	596 916		51 730
		Survie apparente corrigée	< 7.7 %	5.6 %	28.5 %		8.5 %
	12 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	10.5	9.9	6.3		8.0
		Correction marquage	< 29	33 %	77 %		73 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	< 2.4	3.3	4.8		5.9
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	< 62 862	183 018	260 810		55 557
		Survie apparente corrigée	< 12.8 %	6.2 % *	12.5 %		9.1 %
	36 mois	Densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	4.9				
		Correction marquage	< 29 %				
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	< 1.4				
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	< 37 114				
		Survie apparente corrigée	< 7.5 %				

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;

** : la survie est probablement sous-estimée par le choix de ne pas autopsier les plus petits individus*

UGA LOIRE ET COTIERS VENDEENS : Bassin de la Loire

Des projets impliquant

- un grand nombre de civelles mais déversées sur de grandes zones colonisables
- des civelles déversées de façon homogène le long de la zone de déversement (un poids déversé souvent inférieur à 10 kg par point mais de faibles distances entre les points de déversement)
- un gradient de sites de l'aval vers l'amont, au sein du bassin versant de la Loire, réduisant progressivement le risque de colonisation naturelle

Survie apparente (*Tableau 34*)

- 2011 : aucune information sur le devenir des civelles déversées (0 individus marqués autopsiés)
- 2012 : une faible survie apparente (< 8 %), mais qui peut être sous-estimée par exclusion des petites classes de tailles pour l'autopsie
- 2013 : une des deux meilleures survies apparentes pour la Loire (élevée à 6 mois (28.5); moyenne à 12 mois (12.5 %)) ; une survie moyenne (8 – 10 %) pour la Creuse (mais qui est probablement sous-estimée)

Or :

- la différence majeure entre le projet Loire 2013 et les deux autres projets de 2012 et 2013 est la présence d'une quinzaine de stations de suivi en amont de la zone de déversement, permettant de suivre des individus ayant dispersés jusqu'à 7 km dès 6 mois
- bien que les densités déversées restent modérées, la compétition pour les ressources et l'espace est probablement plus faible pour les deux sites les plus amont dans la mesure où la colonisation naturelle y est plus faible (voir correction marquage, *Tableau 34*).

De même que pour la Vilaine, ces projets mettent en évidence l'importance d'un marquage de tous les individus déversés en cas de colonisation naturelle très probable afin d'interpréter les résultats. De plus, il est probablement préférable de déverser dans des sites présentant une colonisation naturelle modérée afin de limiter la compétition entres les individus, quelles que soit leur origine. Le projet Loire 2013 souligne l'importance d'effectuer les suivis en dehors de la zone de déversement afin de capturer les individus ayant largement dispersés (7 km).

BASSIN DU LAY

Deux opérations ont été réalisées sur le Lay : une en 2011, focalisée majoritairement sur la zone située en amont du barrage de Mortevieille ; et deux en 2013, réparties entre les zones situées en aval et en amont de ce barrage (*Figure 86*).

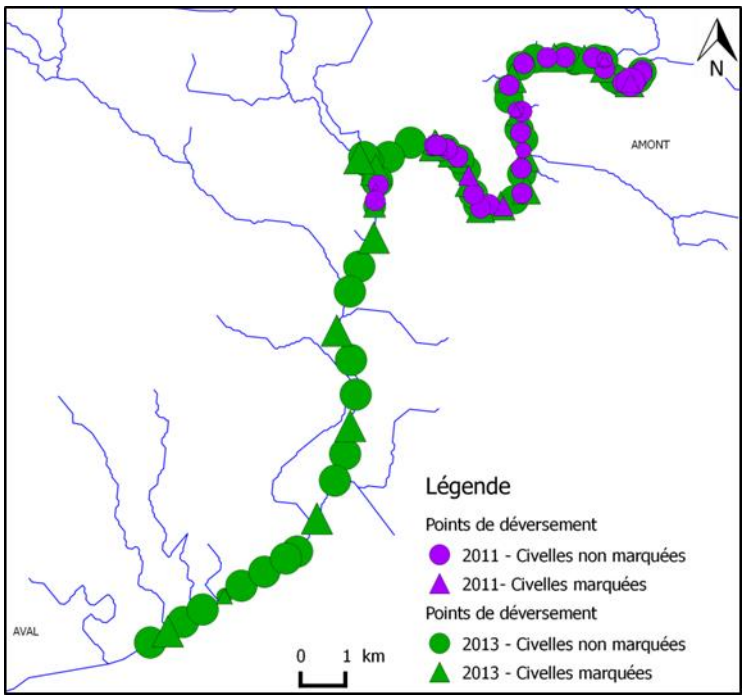

Figure 86 : carte localisant les points de déversement et les stations de suivi des trois projets effectués sur le Lay.

Lay 2011

15 et 158.5 kg de civelles ont été déversés en **3 et 28 points** sur le Lay en aval et en amont du barrage, respectivement, en avril 2011 (*Figure 87*). **2 et 18 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre 2011 (suivi 6 mois), puis en avril 2012 (suivi 12 mois) et enfin en juin 2014 (suivi 36 mois).

Dispersion

Les individus autopsiés de la partie aval ne présentaient aucun marquage, ne permettant pas de conclure sur la dispersion (*Figure 87*).

En revanche, sur la partie amont, les anguilles autopsiées et présentant un marquage ont été trouvées dans des stations présentes à moins de **750 m à l'aval** et **1.1 km à l'amont** d'un point de déversement de civelles marquées, au suivi 6 mois. Les distances observées aux suivis 12 et 36 mois sont inférieures.

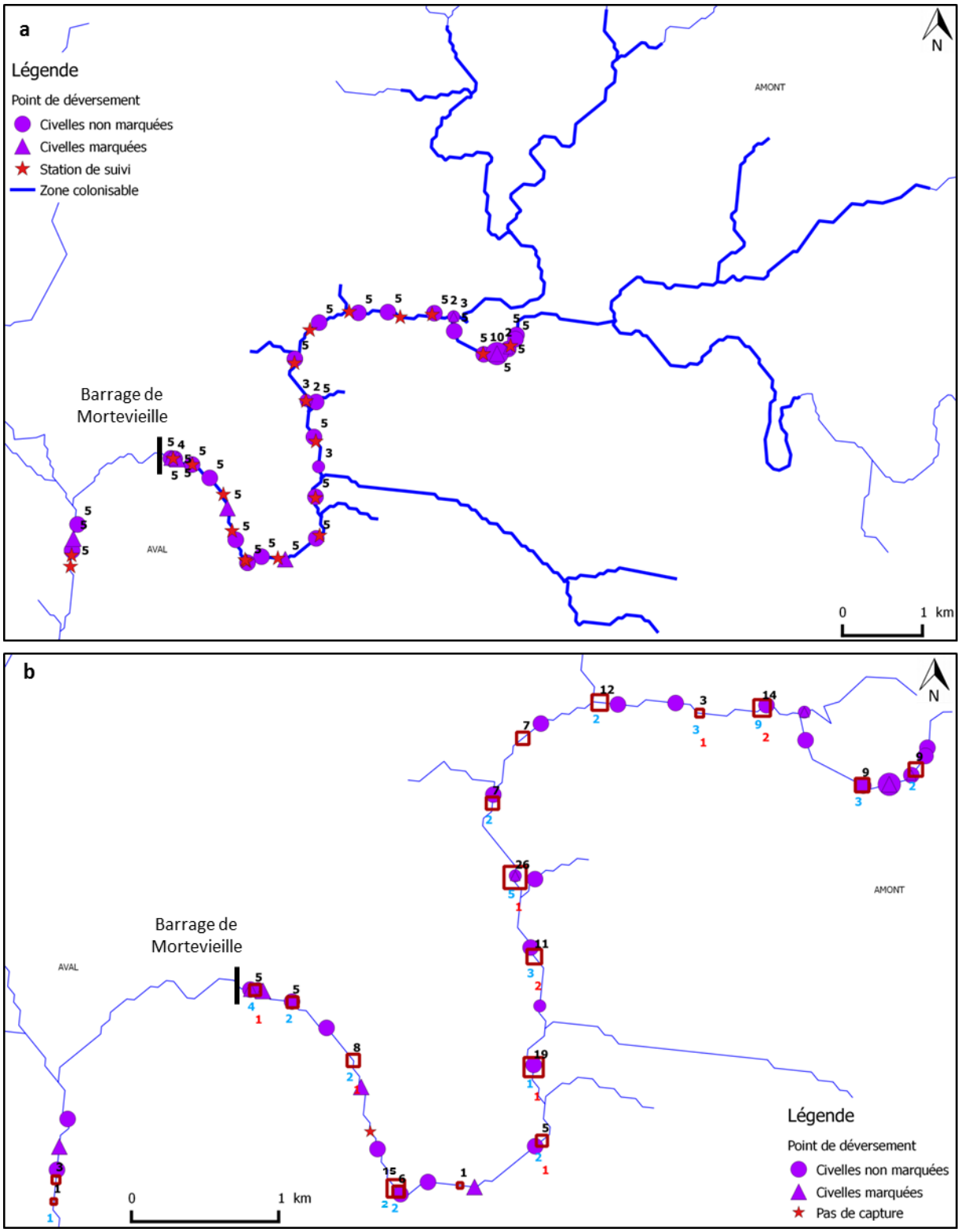

Figure 87 : cartes localisant les 31 points de déversement et les 20 stations de suivi sur le Lay (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b), 12 mois (c) et 36 mois (d), pour le projet de 2011. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Trois points de déversement et deux stations de suivi sont exclus de la zone colonisable en raison de la présence d'un barrage, représenté par le trait noir. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b).

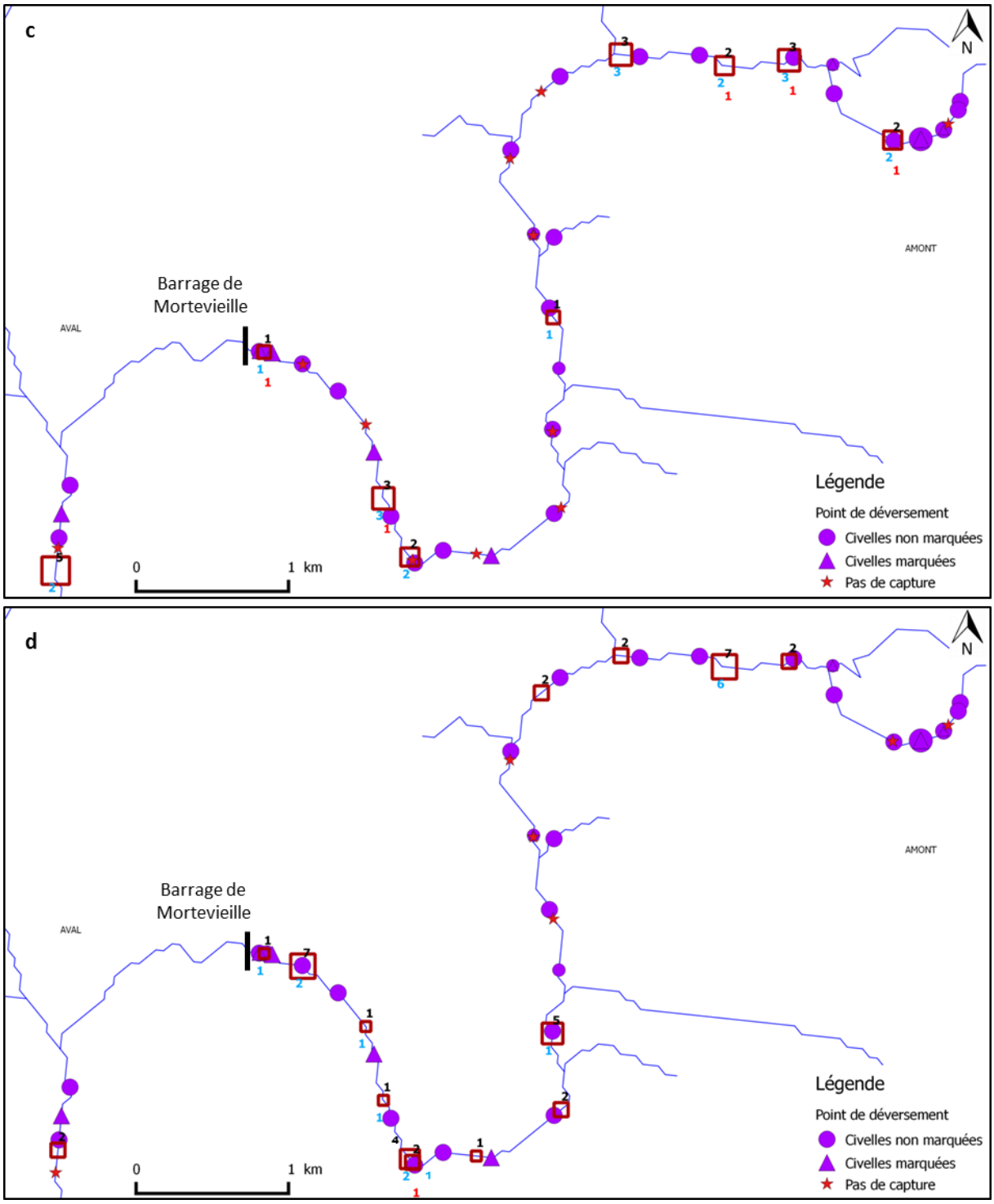

Figure 87 (suite) : cartes localisant les 31 points de déversement et les 20 stations de suivi sur le Lay (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b), 12 mois (c) et 36 mois (d), pour le projet de 2011. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Trois points de déversement et deux stations de suivi sont exclus de la zone colonisable en raison de la présence d'un barrage, représenté par le trait noir. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b).

Survie apparente

En raison de la présence du barrage, la survie apparente ne sera étudiée que sur les 18 stations de suivi présentes en amont du barrage.

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**54 ha**, *Figure 87*) et de la quantité estimée de **546 071 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **101 civelles / 100 m²**, soit **2.9 kg / ha**.

Les stations de suivi sont réparties sur la zone de déversement et chacune a fait l'objet de 30 EPA par station (*Figure 87*). Ces pêches ont permis de capturer **162 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois, **17** à 12 mois et **37** à 36 mois (*Tableau 35*). Sur les **113 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **37 individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (aux suivis 6, 12 et 36 mois). Tous ces individus présentent une taille supérieure à 120 mm et 110 mm pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Pour le suivi 36 mois, ces individus ont majoritairement une taille inférieure à 170 mm. Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **10, 5 et 1 individus** présentaient un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **23, 29 % et 7 %**, pour les suivis 6, 12 mois et 36 mois respectivement. Dans la mesure où 20 % des civelles déversées sur la partie amont du Lay étaient marquées, on peut estimer que **100 %** des individus d'une taille inférieure ou égale à 120 mm et 110 mm sont issus du transfert pour les suivis 6 mois et 12 mois. Pour le suivi 36 mois, **35 %** des individus estimés comme étant de la cohorte recherchée seraient issus du transfert (en excluant les 17 individus de la taille d'intérêt estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 89*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **14.9 et 1.6 et 1.3 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **81 450, 8 547 et 4 047 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **14.9 %** à 6 mois, **1.6** % à 12 mois et **0.8 %** à 36 mois.

Tableau 35. Résumé des captures des trois suivis effectués sur le Lay, en aval et en amont du barrage de Barrage de Mortevieille. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 et 36 mois mois respectivement, *Figure 88 et Figure 89*).

Campagne		Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	aval	50	70 - 120	4	4	3	0	0
	amont	513		162	46	44	10	23 %
12 mois	aval	31	70 – 110	5	5	2	0	0
	amont	213		17	34	17	5	29 %
36 mois	aval	19	170 - 250	2	0	0	0	-
	amont	333		37	33	15	1	7 %

Enfin, il est intéressant de constater que, durant le suivi 36 mois, de nombreux individus de petites tailles ont été pêchés sur le Lay, en amont du barrage, individus qui proviennent probablement du déversement de 2013, effectué quelques mois auparavant (*Figure 89*).

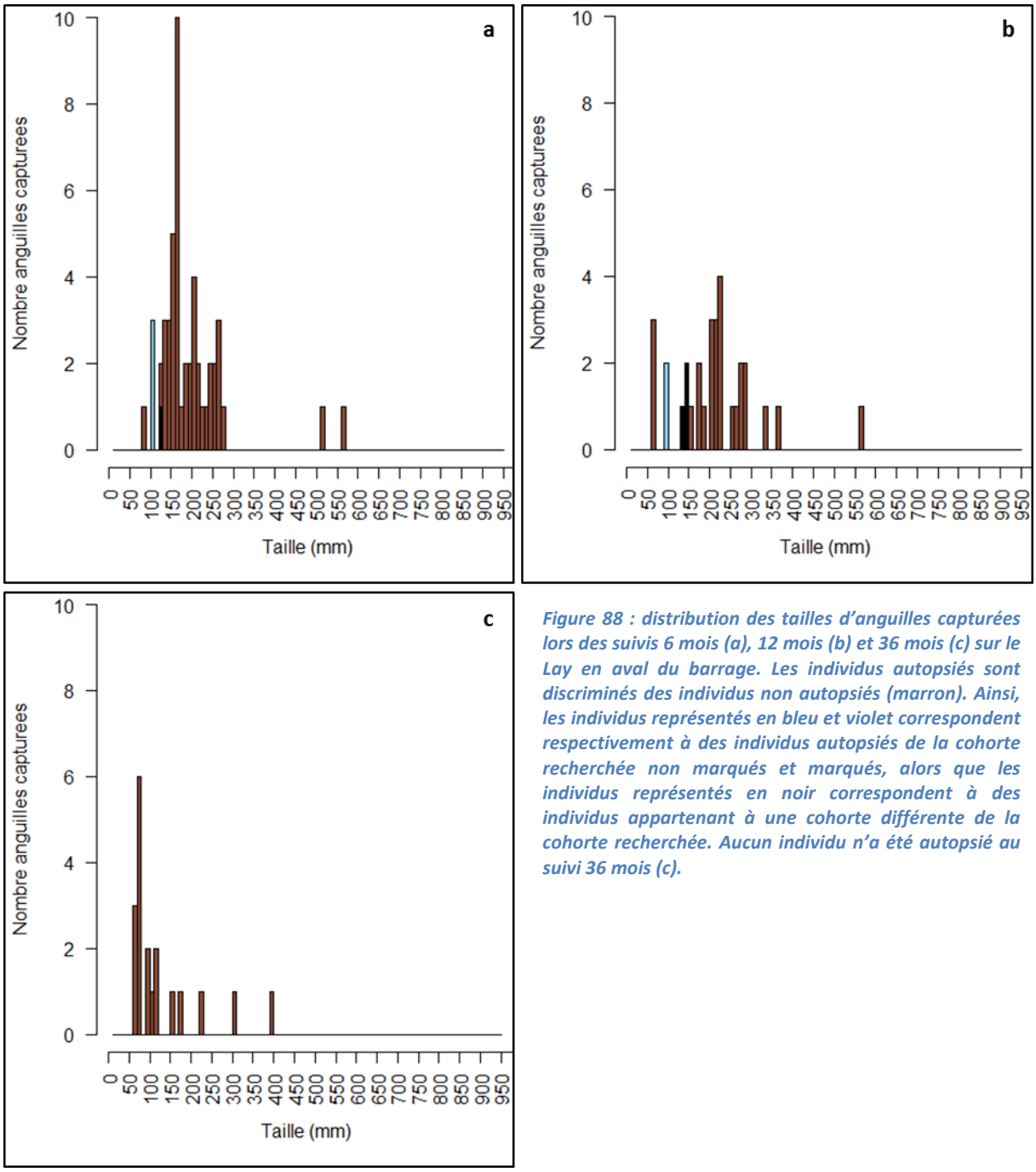

Figure 88 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a), 12 mois (b) et 36 mois (c) sur le Lay en aval du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée. Aucun individu n'a été autopsié au suivi 36 mois (c).

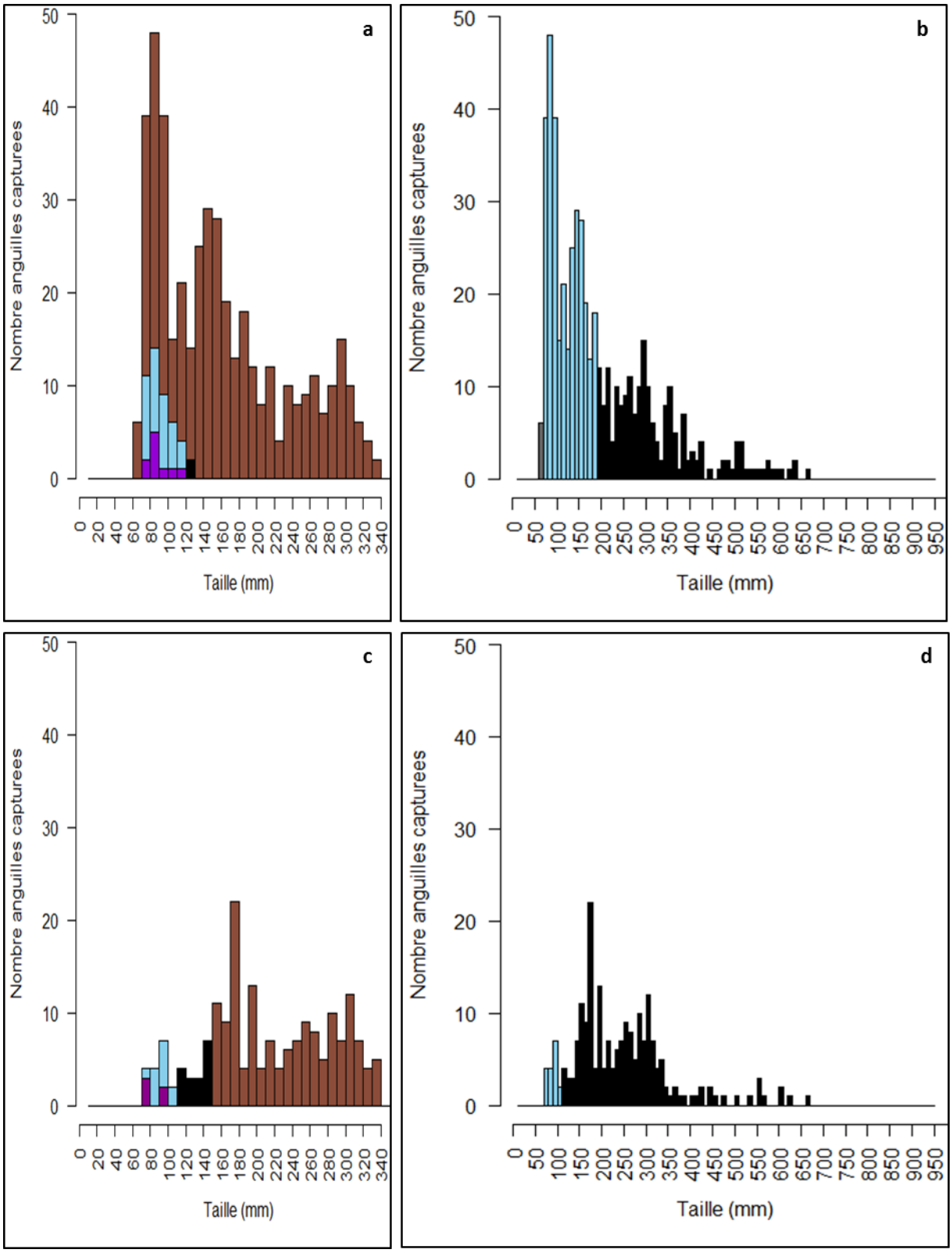

Figure 89 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b), 12 mois (c et d) et 36 mois (e et f) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c, e). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c, e). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d, f). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

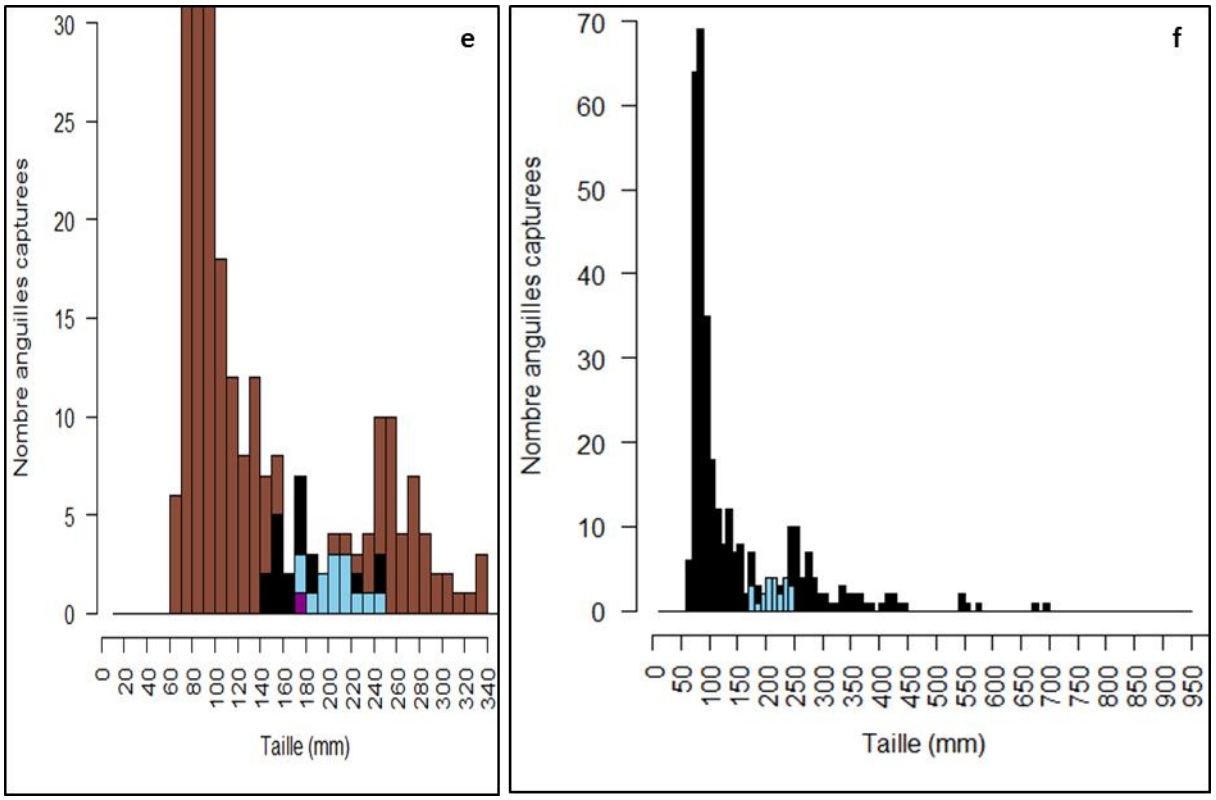

Figure 89 (suite) : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b), 12 mois (c et d) et 36 mois (e et f) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c, e). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c, e). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d, f). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Lay 2013

229 et 335 kg de civelles ont été déversés en **30 et 34 points** sur le Lay en aval et en amont du barrage de Mortevielle respectivement, en mars 2013 (*Figure 90*). **25 et 25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en septembre et octobre 2013 (suivi 6 mois), puis en mai et juin 2014 (suivi 12 mois).

Dispersion

Sur la partie aval, les anguilles autopsiées et présentant un marquage ont été trouvées dans des stations présentes à près de **3 km à l'aval** et **1 km à l'amont** d'un point de déversement de civelles marquées, au suivi 6 mois (*Figure 91*). Les distances observées au suivi 12 mois sont inférieures.

Sur la partie amont, les anguilles autopsiées et présentant un marquage ont été trouvées dans des stations présentes à près de **2.2 km à l'amont** d'un point de déversement de civelles marquées, au suivi 6 mois (*Figure 91*). Les distances observées aux suivis 12 mois sont inférieures à 1km vers l'amont comme l'aval.

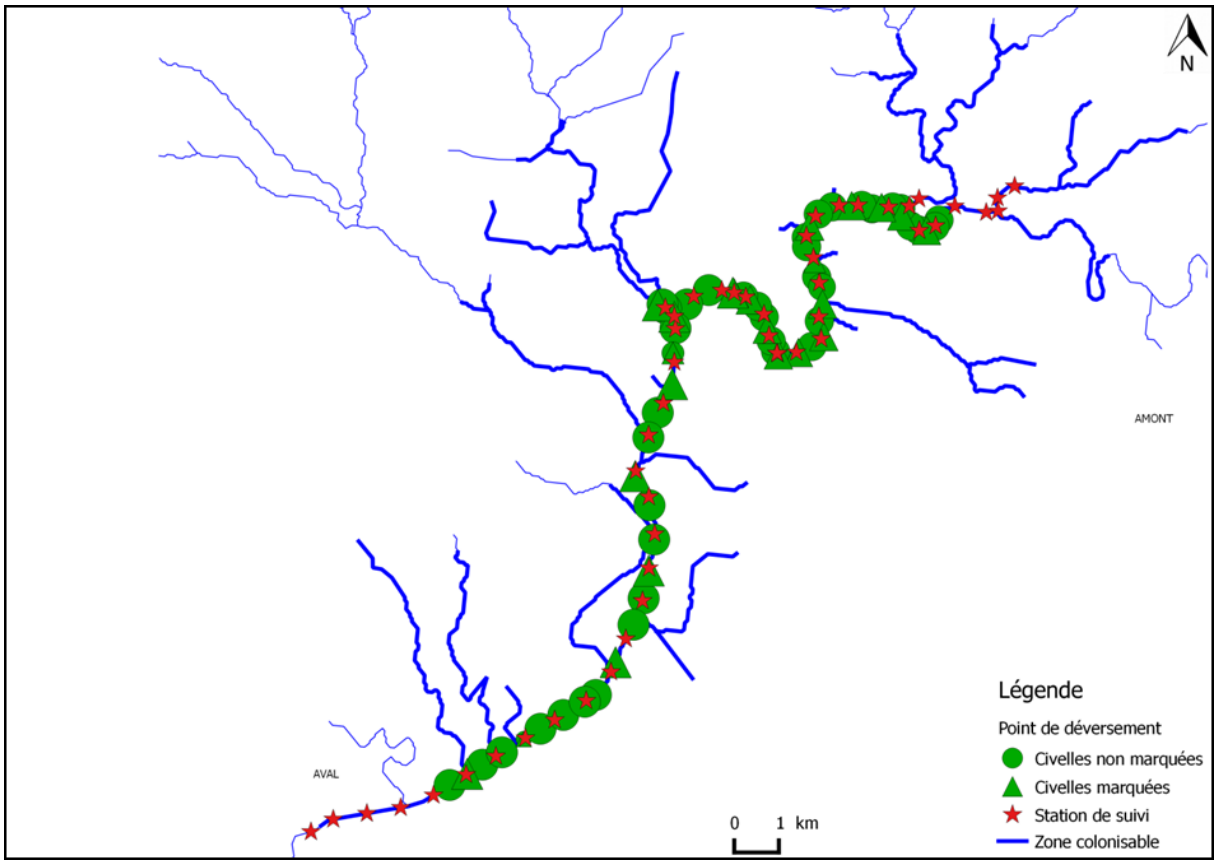

Figure 90 : carte localisant les 30 et 34 points de déversement et les 25 et 25 stations de suivi sur le Lay à l'aval (a) et l'amont (b) du barrage, représenté en noir, en 2013. Sur chaque carte, le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Sur la partie amont, 10 kg ont été déversés sur chaque point (à l'exception de 2 points : 6 et 9 kg).

Survie apparente

En raison de la présence du barrage, le suivi réalisé à l'aval est dissocié de celui réalisé à l'amont du barrage. A partir de l'évaluation des zones colonisables par les civelles déversées (**79 et 54 ha**, *Figure 90*) et des quantités estimées de **696 939 et 1 060 414 civelles déversées**, les densités lors du déversement ont été estimées à **88 et 195 civelles / 100 m²** à l'aval et l'amont du barrage, respectivement.

Les stations de suivi sont réparties sur les zones de déversement et cinq stations par projet sont situées respectivement en aval et en amont de ces zones (*Figure 90*). Chaque station a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique.

A l'**aval**, ces pêches ont permis de capturer **173 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **218** à 12 mois (*Tableau 36*). Sur les **106 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que 6 individus n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivis 6 et 12 mois). Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **4 et 2** individus présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **8 et 4 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 31 % des civelles déversées sur la portion aval du Lay étaient marquées, on peut estimer que **26 et 13 %** des individus de la classe de tailles d'intérêt sont issus du transfert (en excluant les 2 individus estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 92*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **4.8 et 2.8 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **38 124 et 22 018 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **5.5 %** à 6 mois et **3.2 %** à 12 mois.

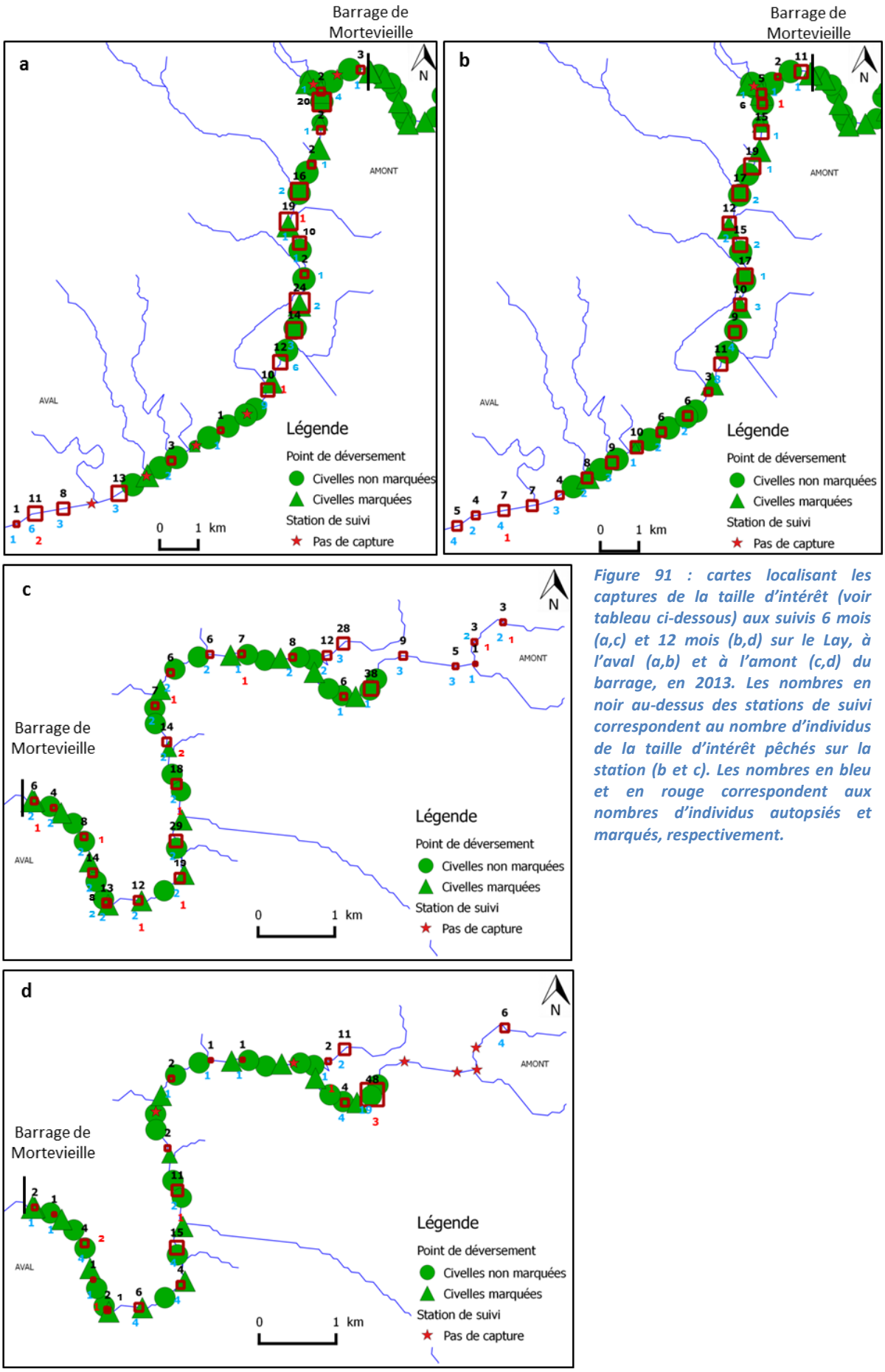

Figure 91 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (a,c) et 12 mois (b,d) sur le Lay, à l'aval (a,b) et à l'amont (c,d) du barrage, en 2013. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement.

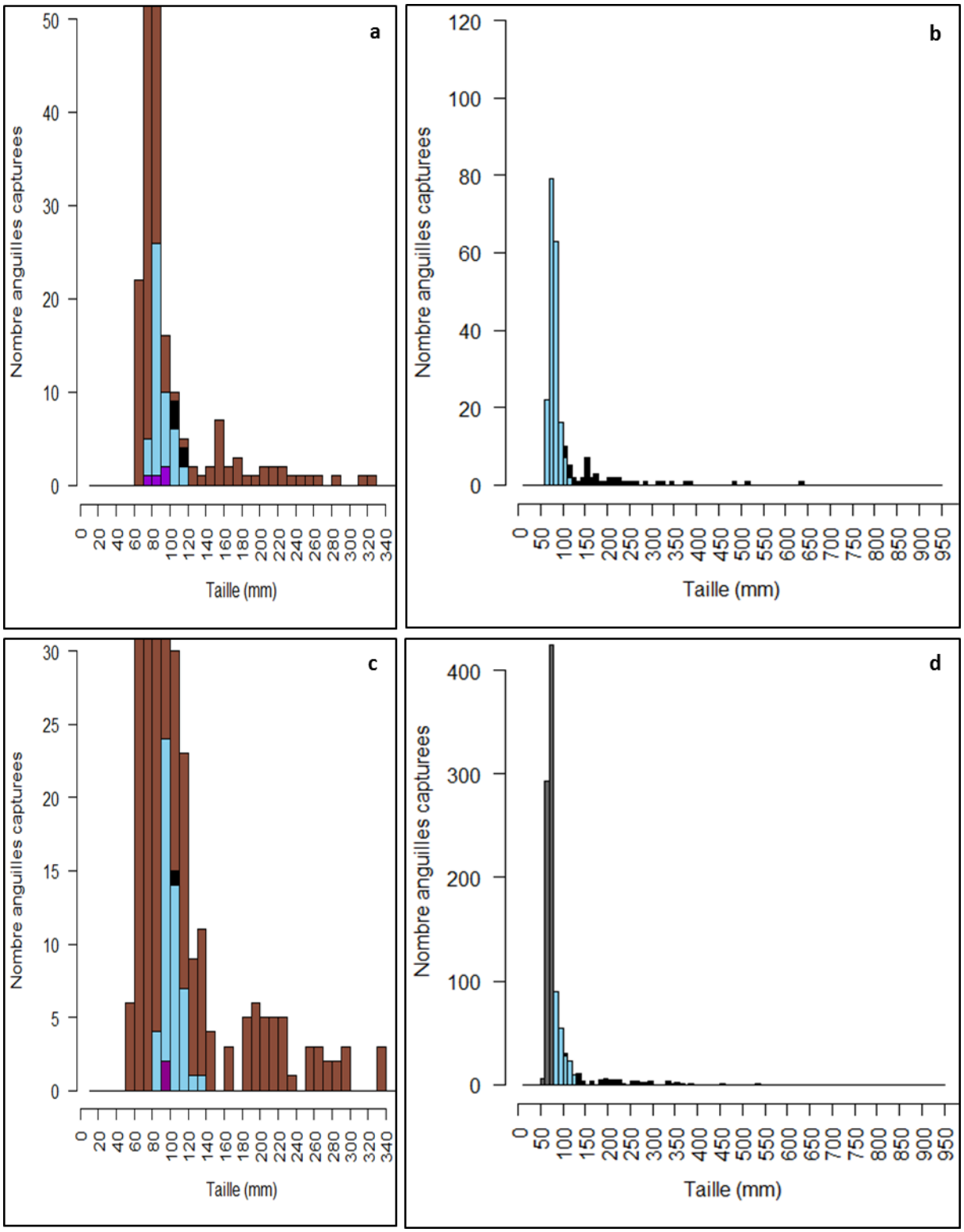

Figure 92 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en aval du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

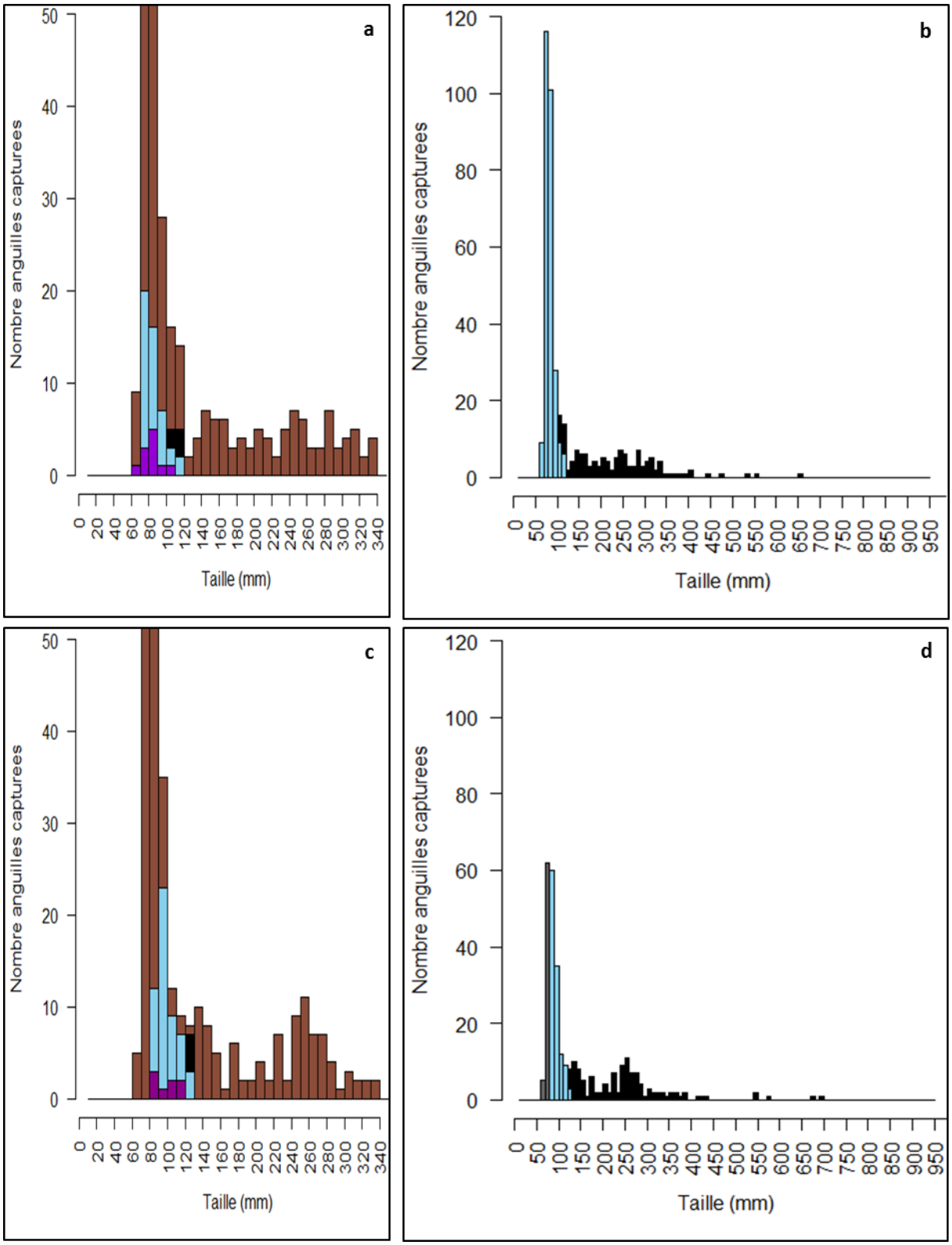

Figure 93 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

A l'**amont**, les pêches ont permis de capturer **284 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **124** à 12 mois (*Tableau 36*). Sur les **112 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **9 individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivis 6 et 12 mois). Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **11 et 8 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **22 et 15 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 38 % des civelles déversées sur la portion amont du Lay étaient marquées, on peut estimer que **58 et 39 %** des individus des classes de tailles d'intérêt sont issus du transfert (en excluant les 15 et 5 individus estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 93*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **15.6 et 4.7 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **84 565 et 25 507 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **8.0 %** à 6 mois et **2.4 %** à 12 mois.

Tableau 36. Résumé des captures des trois suivis effectués sur le Lay, en aval et en amont du barrage de Mortevielle. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6, 12 mois et 36 mois respectivement, *Figure 92 et Figure 93*).

Campagne		Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	aval	233	70 - 120	173	54	49	4	8 %
	amont	392	60 - 120	284	54	49	11	22 %
12 mois	aval	998	80 - 140	218	52	51	2	4 %
	amont	304	80 - 130	124	58	54	8	15 %

Il est à noter qu'aucun individu en dessous de 80 mm n'a été autopsié pour le suivi 12 mois (*Figure 92 et Figure 93*), et qu'aucun individu inférieur à 70 mm n'a été autopsié sur le Lay aval pour le suivi 6 mois (*Figure 92*). Il est possible que des individus issus du transfert fassent partis de ces classes de taille.

Tableau 37. Résumé des données des projets du bassin du Lay

			2011		2013		
			Lay amont		Lay aval	Lay amont	
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.28	0.3	0.33	0.32	0.31
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	72 %	82 %	96 %	93 %	99 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	69 %	77 %	95 %	91 %	-
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	74.5	84	229	260	75
		Nombre de civelles déversées (estimé)	546 071		693 939	1 060 414	
		% civelles marquées	20		31	38	
		Surface colonisable (ha)	54		79	54	
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	101		88	195	
		Nombre points de déversement	28		28	34	
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	360		560	290	
		Poids moyen déversé / point (kg)	5		1.9	9.6	
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	16 667		36 147	30 297	
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	PE		PE	PE	PE
		Nombre stations	18		25	25	
		Nombre EPA / station	30		20	20	
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	NON		> 2 km (aval)	0 - 2 km	
	6 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	15.0		18.7	26.9	
		Correction marquage	100 %		26 %	58 %	
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	15.0		4.8	15.6	
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	81 450		38 124	84 565	
		Survie apparente corrigée	14.9 %		5.5 %	8.0 %	
	12 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	1.6		21.6	11.9	
		Correction marquage	100 %		13 %	39 %	
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	1.6		2.8	4.7	
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	8 547		22 018	25 507	
		Survie apparente corrigée	1.6 %		3.2 % *	2.4 % *	
	36 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	2.1				
		Correction marquage	35 %				
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	0.8				
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	4 047				
		Survie apparente corrigée	0.8 %				

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;

** : la survie est probablement sous-estimée par le choix de ne pas autopsier les plus petits individus*

UGA LOIRE ET COTIERS VENDEENS : Bassin du Lay

Deux sites accolés, séparés par le barrage de Mortevieille, qui limite partiellement la colonisation naturelle vers l'amont.

Survie apparente (Tableau 37)

- 2011 : moyenne à 6 mois (15 %), qui chute à 12 mois (< 2 %)
- 2013 : faibles (≤ 8%)

pourtant :

- 2013 : bonne qualité des lots (probabilité de survie estimée en laboratoire (15 jours) > 90 % contre < 85 % en 2011)
- les suivis de 2013 prospectent au-delà de la zone de déversement (~ 3 km vers l'aval et 2 km vers l'amont), permettant de capturer des individus en dispersion

Quelques hypothèses peuvent cependant être avancées :

- bien que les densités déversées soient proches entre le Lay amont 2011 et le Lay aval 2013, la colonisation naturelle plus importante sur la partie aval rend probablement la compétition pour les ressources et l'espace plus forte
- les densités de civelles déversées sont particulièrement élevées pour le Lay amont 2013.

BASSIN JAUNAY ET VIE & BASSIN AUZANCE

Jaunay

131 kg de civelles ont été déversés en **9 points** sur Jaunay en mars 2012 (*Figure 94*). **13 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en novembre 2012 (suivi 6 mois), puis en mai 2013 (suivi 12 mois).

Ce site a pour particularité de présenter une zone sans point de déversement de quelques kilomètres au sein de la zone de déversement (*Figure 94*). De plus, les distances entre les points de déversement sont importantes (> 1 km en moyenne) mais le nombre estimé de civelles déversées à chaque point est particulièrement élevé (> 70 000 ind).

Enfin, le test de mortalité à court terme a mis en évidence de fortes mortalité in situ à 15 jours (en moyenne 2% de survie sans marquage et 33 % de survie avec marquage)(*Tableau 11*) contrairement à l'expérimentation en laboratoire (en moyenne 93% de survie avec ou sans marquage), suggérant une mauvaise qualité du milieu ou une pollution.

Dispersion

A 6 mois, la seule anguille marquée pêchée a été capturée au niveau d'un point de déversement de civelles marquées (*Figure 95*). A 12 mois, des anguilles pêchées dans deux stations présentes au cœur de la zone de déversement, mais à quelques kilomètres de points de déversement de civelles marquées, ont été autopsiées et présentaient un marquage. Ces stations nécessitent une dispersion de plus de **1 et 2 km vers l'aval** ou **2 et 3 km vers l'amont**, respectivement.

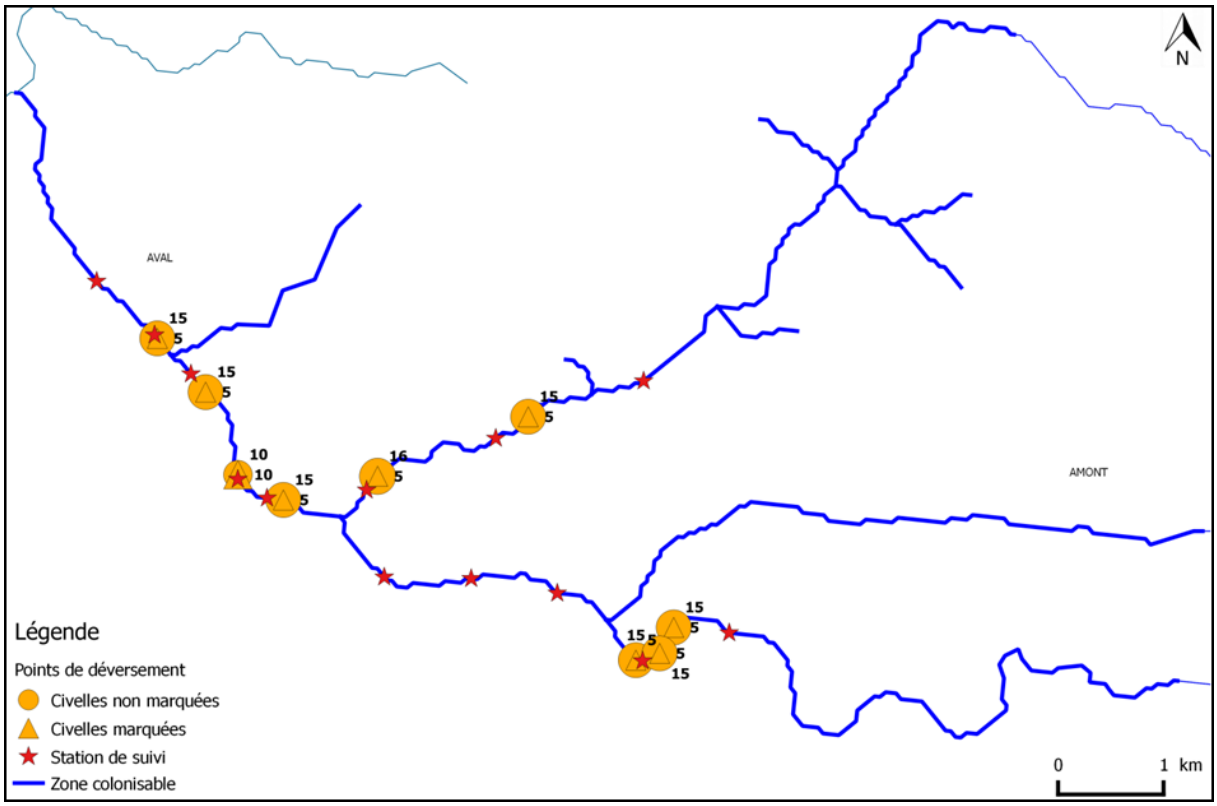

Figure 94 : carte localisant les 9 points de déversement et les 13 stations de suivi sur Jaunay (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**26 ha**, *Figure 94*) et de la quantité estimée de **463 717 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **178 civelles / 100 m²**, soit **5.0 kg / ha**. Cette densité est la plus élevée parmi tous les projets étudiés.

Les stations de suivi sont réparties sur la zone de déversement et trois d'entre elles sont situées à près d'1 km de part et d'autre de cette zone (*Figure 94*). Chaque station est constituée de 20 EPA. Ces pêches ont permis de capturer **4 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **35** à 12 mois (*Tableau 38*). Sur les **34 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que seuls **deux individus** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivi 12 mois). Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **1 et 5 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **25 et 18 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 28 % des civelles déversées sur Jaunay étaient marquées, on peut estimer que **89 et 80 %** des individus des classes de tailles d'intérêt sont issus du transfert (après retrait des 4 individus estimés comme étant d'une autre cohorte). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **0.7 et 3.8 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **1 786 et 9 964 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **0.4 %** à 6 mois et **2.1 %** à 12 mois.

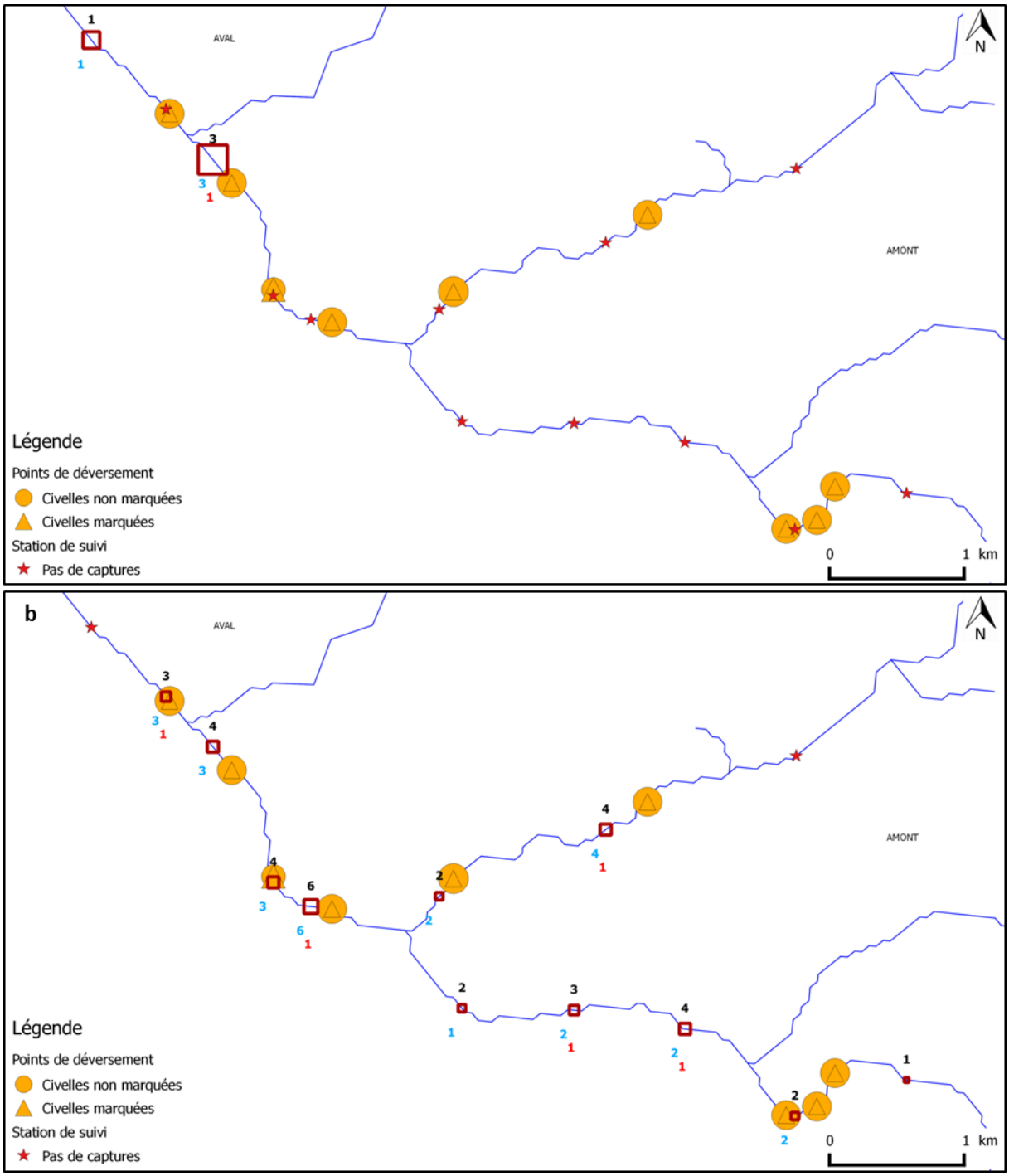

Figure 95 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station. Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement.

Tableau 38. Résumé des captures des deux suivis effectués sur Jaunay. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 96*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	19	≤ 110	4	4	4	1	25 %
12 mois	85	60 - 130	35	30	28	5	18 %

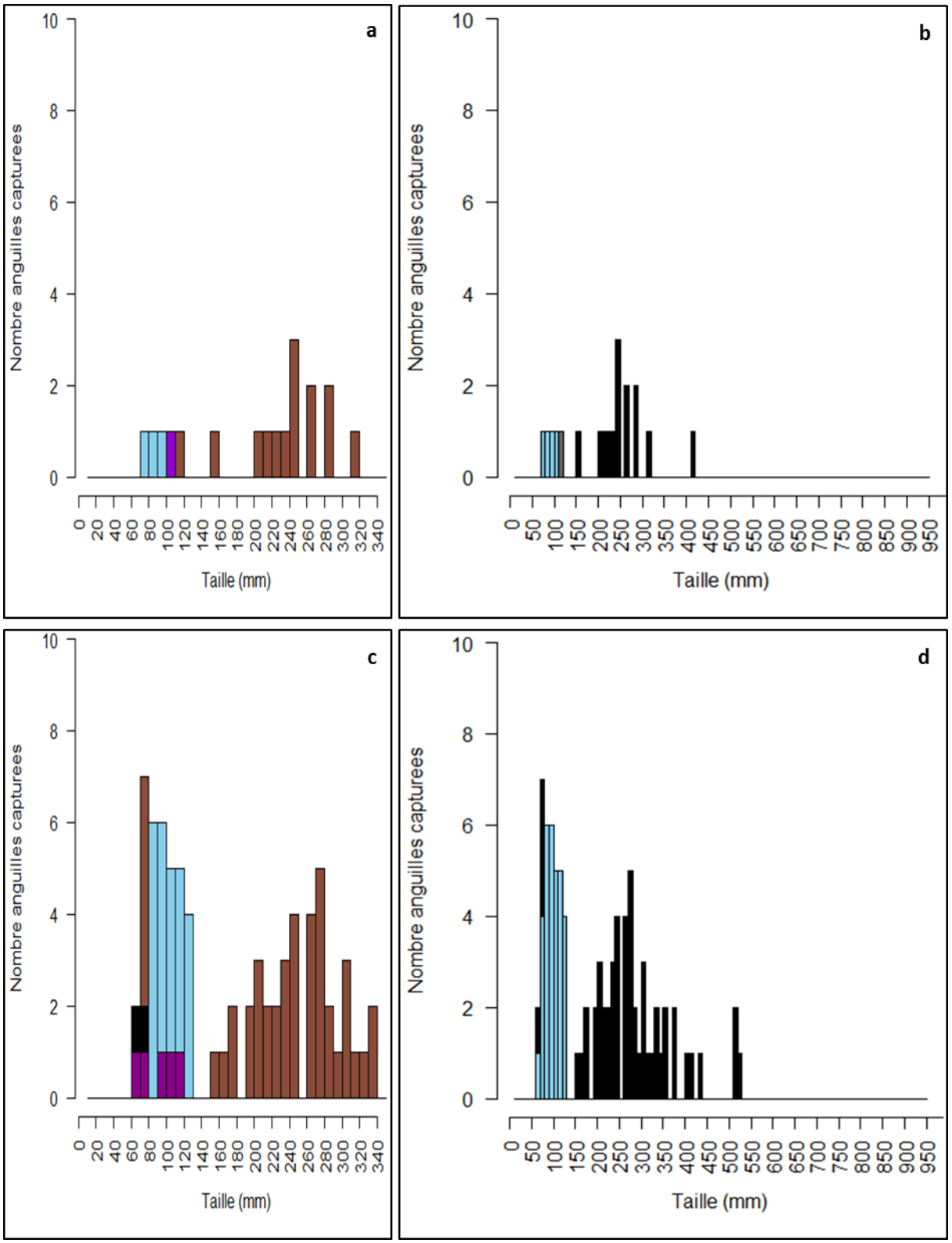

Figure 96 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur Jaunay. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Auzance 2012

181 kg de civelles ont été déversés en **5 points** sur le marais d'Olonne et en **8 points** sur l'Auzance et la Ciboule en mars 2012 (*Figure 97*). **12 stations**, **dont 10 en amont du barrage situé à l'amont de la confluence avec la Ciboule**, ont été suivie par pêche électrique par point en septembre 2012 (suivi 6 mois), puis en avril 2013 (suivi 12 mois).

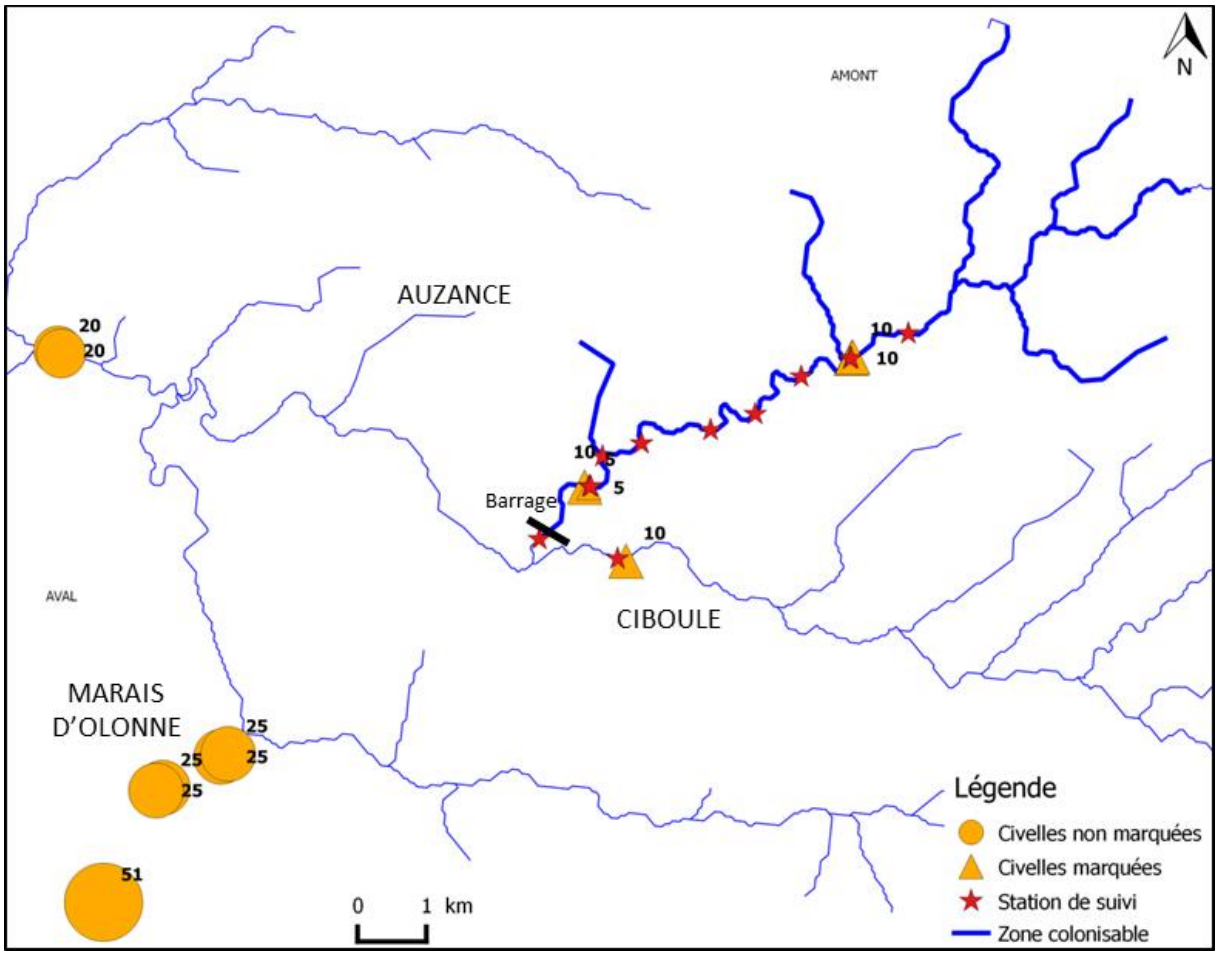

Figure 97 : carte localisant les 13 points de déversement et les 12 stations de suivi dans le cadre du projet Auzance Olonne. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés. Ainsi, quatre zones peuvent se distinguées : les cinq points de déversement avec de fortes quantités de civelles déversées sur Olonne, les deux points de déversement sur la partie aval de l'Auzance, le point de déversement sur la Ciboule, et les cinq points de déversement sur la partie amont de l'Auzance. Seules les deux dernières zones, sur lesquelles seules de civelles marquées ont été déversées, ont fait l'objet d'un suivi. Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées, deux points de suivi ne sont pas inclus dans la zone colonisable car un barrage, représenté par le trait noir, sépare ces deux suivis des dix autres.

Aucun suivi n'a été réalisé sur la partie aval de l'Auzance ni sur le marais d'Olonne (*Figure 97*). Il aurait cependant été intéressant d'en effectuer, notamment sur le marais d'Olonne, pour observer l'effet d'un déversement massif (51 kg déversés sur un point et 100 kg déversés sur quatre points de déversement, deux à deux très proches) mais la salinité de ce marais aurait compliqué le suivi.

Ainsi, tous les suivis ont été réalisés au niveau de points de déversement de civelles marquées. Par ailleurs, un ouvrage présent juste en amont de la confluence entre l'Auzance et la Ciboule sépare la zone de suivi en deux. Seules les 10 stations de suivi situées à l'amont de ce barrage sont utilisées pour calculer la survie apparente.

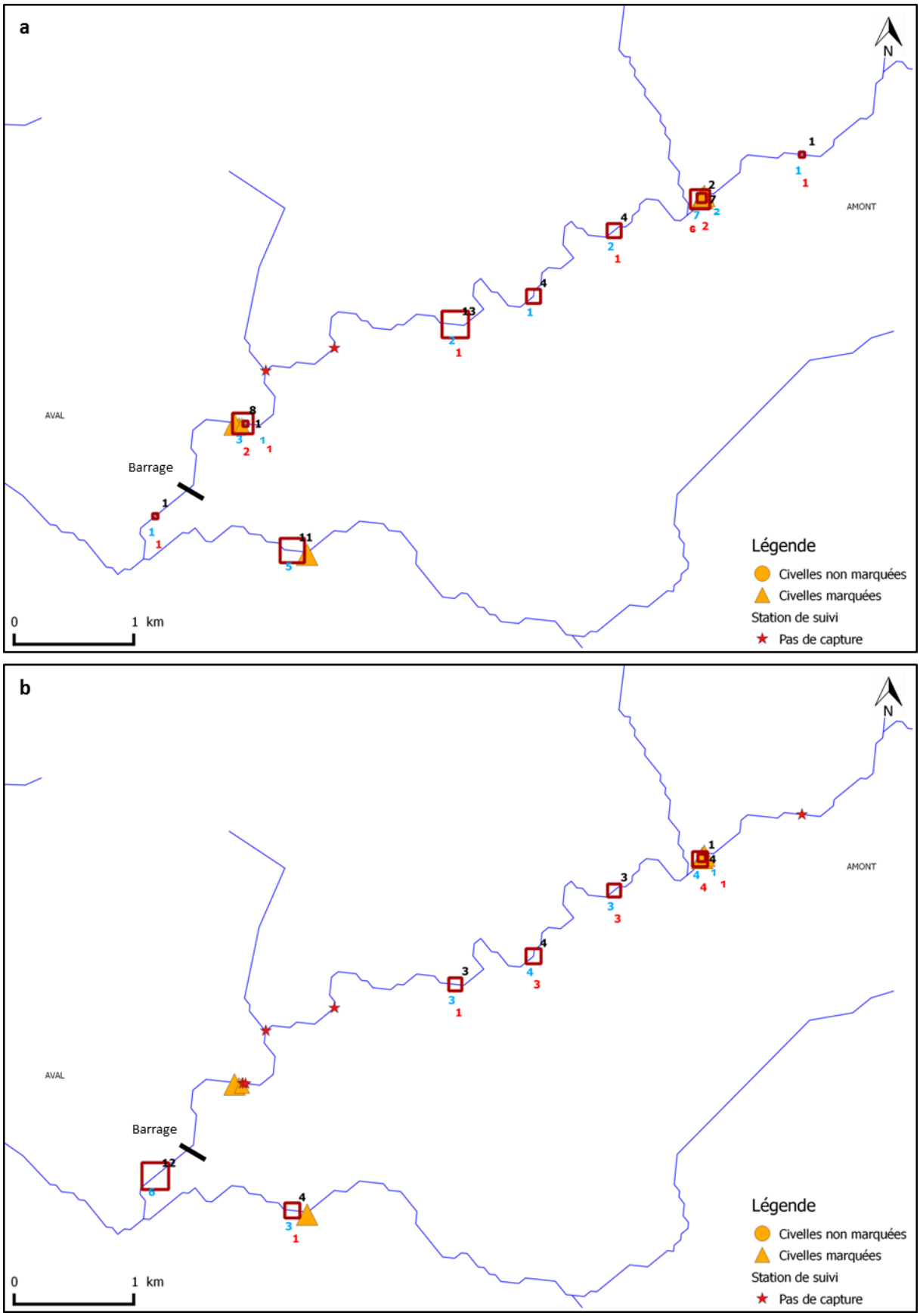

Figure 98 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c) sur l'Auzance (amont) et la Ciboule. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

Enfin, de même que pour Jaunay, ce site a pour particularité de présenter une zone sans point de déversement de quelques kilomètres au sein de la zone de déversement (*Figure 98*). De plus, les distances entre les points de déversement sont importantes (> 1 km en moyenne) mais, sur l'Auzance, deux et trois points de déversement sont distants de moins de 50 m, en raison des difficultés d'accès pour déverser. Ces points peuvent être regroupés, menant le poids déversé par point à 20 kg et le nombre estimé de civelles déversées par point à 72 072.

Dispersion

A 6 mois, des anguilles issues du déversement ont été pêchées sur des stations nécessitant au minimum une dispersion de **2.8 km vers l'amont** et **1 km vers l'aval** (*Figure 98*). Au suivi 12 mois, des anguilles issues du déversement ont été pêchées sur une station supplémentaire nécessitant au minimum une dispersion de **2.9 km vers l'amont** ou **2.4 km vers l'aval**.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**10 ha** en amont de l'ouvrage, *Figure 97*) et de la quantité estimée de **144 144 civelles déversées** (40 kg), la densité lors du déversement a été estimée à **141 civelles / 100 m²**, soit **3.9 kg / ha**.

Chaque station a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique. Ces pêches ont permis de capturer **40 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **15** à 12 mois (*Tableau 39*). Sur les **34 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que seul un individu (de grande taille) n'appartenait pas à la cohorte recherchée (suivi 6 mois). Ainsi, il est considéré que tous les individus de taille inférieure ou égale à 110 mm et 140 mm peuvent être issus du transfert pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, **14 et 12 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **74 et 80 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où tous les individus déversés sur cette portion ont été marqués, on peut estimer que **74 et 80 %** des individus d'une taille inférieure ou égale à 110 mm et 140 mm, présents à l'amont de l'ouvrage, sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **7.4 et 3.0 individus / 100 m²** lors des deux suivis, correspondant à **7 548 et 3 060 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **5.2 %** à 6 mois et **2.1 %** à 12 mois.

Tableau 39. Résumé des captures des deux suivis effectués sur l'Auzance. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 99*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	49 (61)	≤ 110	40 (52)	19 (26)	19 (25)	14 (15)	74 % (60 %)
12 mois	19 (40)	≤ 140	15 (31)	15 (24)	15 (24)	12 (13)	80 % (54 %)

Les nombres entre parenthèses considèrent l'intégralité du suivi alors que les nombres sans parenthèses ne tiennent compte que des 10 stations présentes à l'amont de l'ouvrage (Figure 98).

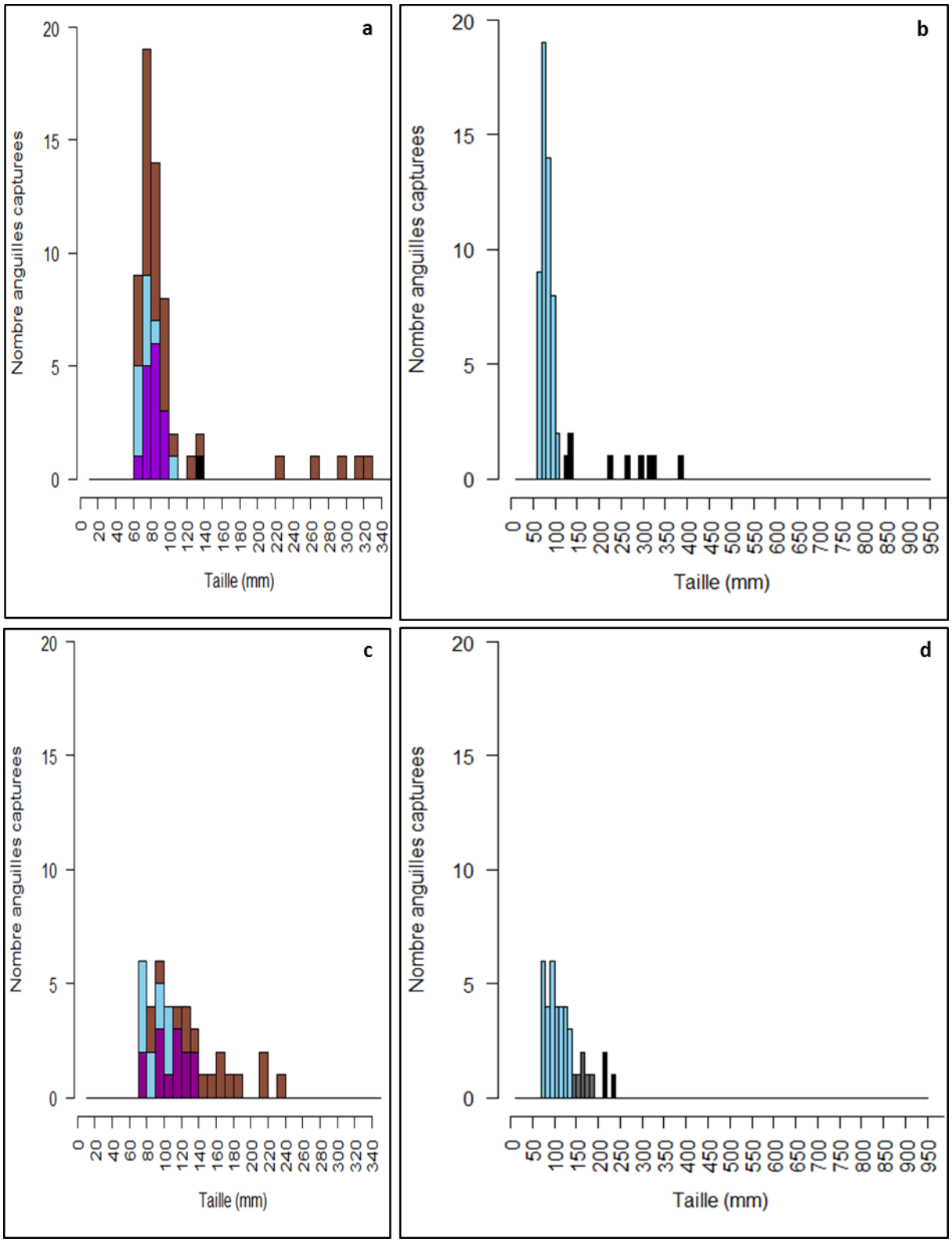

Figure 99 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur le Lay en amont du barrage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Marais breton 2012

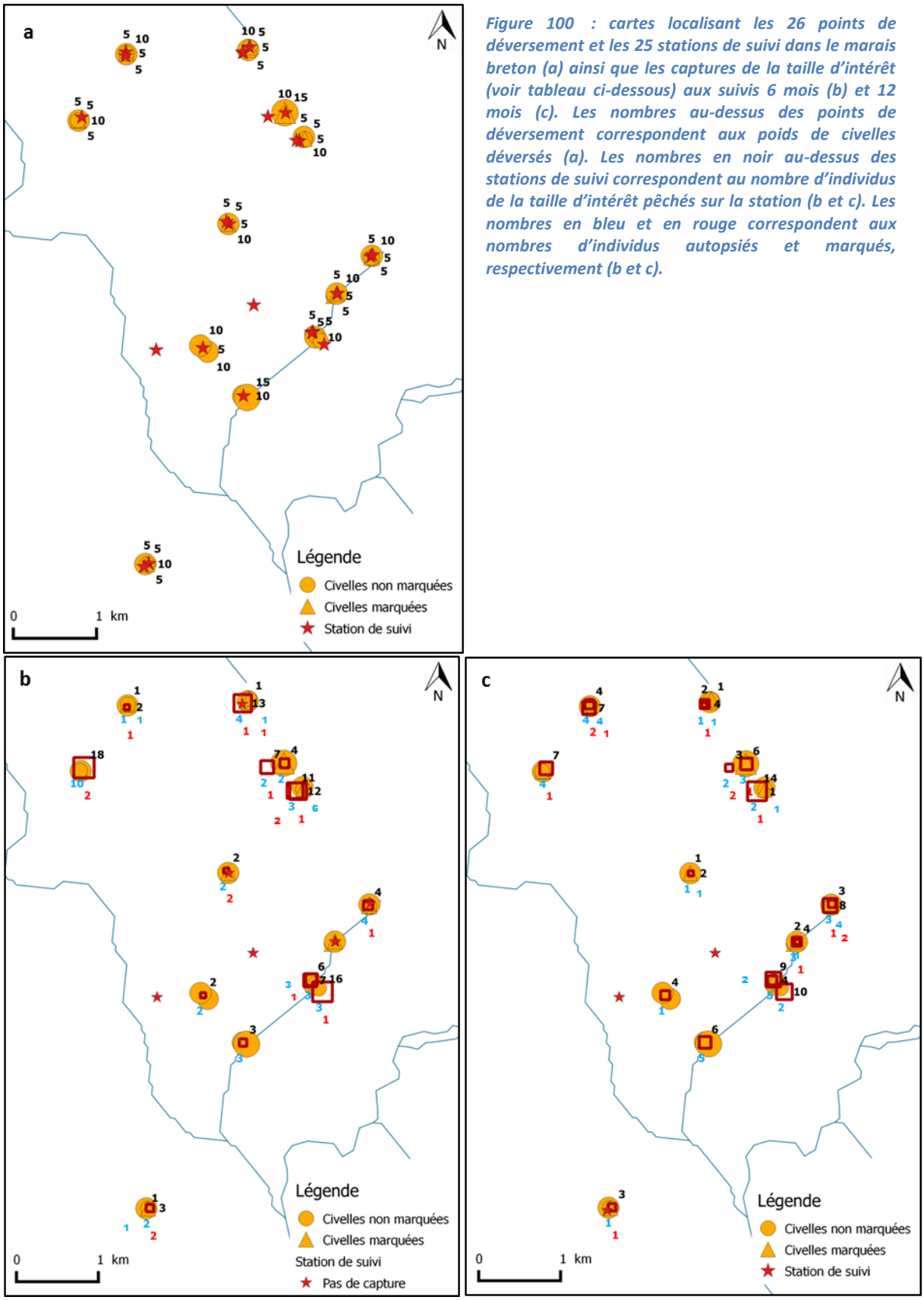

Figure 100 : cartes localisant les 26 points de déversement et les 25 stations de suivi dans le marais breton (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

210 kg de civelles ont été déversés en **26 points** sur le marais breton en mars 2012 (*Figure 100*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en avril 2013 (suivi 12 mois).

Dispersion

Aucune anguille n'a été pêchée sur les quelques stations de suivi situées à plus de 100 m des points de déversement, ce qui ne permet pas de conclure quant à une éventuelle dispersion (*Figure 100*). De plus, la dispersion est délicate à étudier dans ce genre de milieu où l'organisation spatiale du réseau hydraulique st difficile à établir.

Survie apparente

Cette zone de déversement étant absente du RHT, la surface de zone colonisable, et donc la survie apparente, n'ont pu être calculées. On peut noter cependant la quantité estimée de **750 000 civelles déversées**.

Les stations de suivi sont majoritairement situées sur les points de déversement et chacune a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique (*Figure 100*). Ces pêches ont permis de capturer **113 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **105** à 12 mois (*Tableau 40*). Sur les **104 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que tous les individus appartenaient à la cohorte recherchée. **17 et 14 individus** présentaient un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **32 et 27 %** pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Dans la mesure où 30 % des civelles déversées sur le marais breton en 2012 étaient marquées, on peut estimer que **100 %** et **90 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **11.3 et 9.5 individus / 100 m²** lors des deux suivis.

Tableau 40. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le marais breton. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 101*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	146	≤ 130	113	53	53	17	32 %
12 mois	186	70 - 140	105	51	51	14	27 %

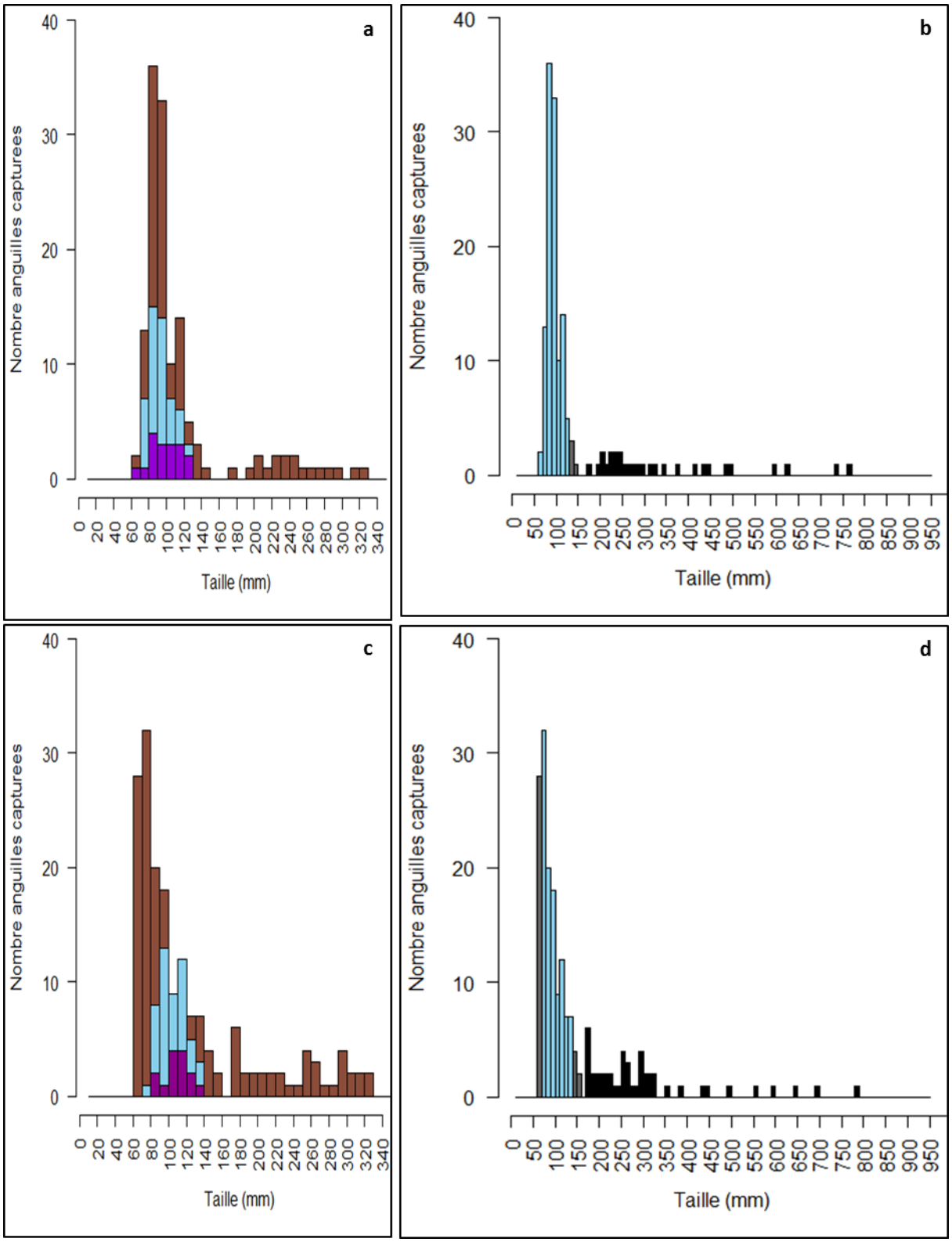

Figure 101 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans le marais breton. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Tableau 41. Résumé des données des projets du bassin Jaunay et Vie et du bassin de l'Auzance

			2012		
			Jaunay	Auzance *	Marais breton
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.28	0.28	0.28
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	81 %	-	86 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	76 %	88 %	82 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	131	40	210
		Nombre de civelles déversées (estimé)	463 717	144 144	750 000
		% civelles marquées	28	100	30
		Surface colonisable (ha)	26	10	-
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	178	141	-
		Nombre points de déversement	9	5 (2) *	26
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	1 602	6 320	-
		Poids moyen déversé / point (kg)	20	20	11.5
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	71 190	72 072	41 209
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	PE	PE	PE
		Nombre stations	13	8	25
		Nombre EPA / station	20	20	20
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	> 2 km	> 2 km	NON
	6 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.8	10.0	11.3
		Correction marquage	89 %	74 %	100 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	0.7	7.4	11.3
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	1 786	7 548	
		Survie apparente corrigée	0.4 %	5.2 %	
	12 mois	densité anguilles (nb / 100m²) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	6.0	3.8	10.5
		Correction marquage	64 %	80 %	90 %
		Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	3.8	3.0	9.5
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	9 964	3 060	
		Survie apparente corrigée	2.1 %	2.1 %	

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;

** : seule la zone à l'amont du barrage de l'Auzance est considérée pour les analyses, soit 5 points de déversement, regroupés en 2 points étant donné leur proximité, et 10 stations de suivi (cf. texte)*

UGA LOIRE ET COTIERS VENDEENS : Bassin de Jaunay et Vie + Bassin de l'Auzance

Des projets très particuliers, tous réalisés en 2012, qui se distinguent par :

- la configuration du milieu (marais breton)
- un marquage de tous les individus déversés (Auzance)
- la configuration des points de déversement : un grand nombre de civelles déversées sur un point, ou un amas de points très proches, séparé des autres points ou groupes de points par de longues distances, permettant une étude de la dispersion (Jaunay & Auzance)

Survie apparente (*Tableau 41*)

- Jaunay & Auzance : faibles (< 8 %), en particulier pour Jaunay (< 3 %)

pourtant la dispersion des individus est étudiée sur les deux cours d'eau

- Marais breton : pas de calcul de la survie apparente, une densité d'anguilles estimées comme issues du déversement parmi les plus hautes pour les deux suivis mais qui peut conduire à une faible survie apparente si la zone colonisable est faible

Malgré la diversité de ces projets, quelques hypothèses peuvent être avancées :

- un grand nombre de civelles déversées au même endroit peut être néfaste à leur survie sur court terme, bien qu'il soit difficile de se prononcer concernant le marais breton
- une qualité des lots déversés moyenne à mauvaise (probabilité de survie estimée en laboratoire (15 jours) inférieure à 88 % en tenant compte du marquage), et/ou la mauvaise qualité du milieu pour Jaunay (forte mortalité à court terme dans l'expérimentation *in situ*) a pu engendrer de fortes mortalités.

5. UGA GARONNE – DORDOGNE - CHARENTE

La majorité des déversements de cette UGA a été réalisée dans des lacs et étangs (*Figure 21*), les suivis ont alors été effectués à l'aide d'engins passifs. Il en est de même pour le marais de Brouage. Ainsi, seuls les suivis de la Boutonne sont comparables aux suivis effectués dans les autres UGA.

COURS D'EAU ET MARAIS

Boutonne 2013

Une opération de déversement a eu lieu sur ce site en 2013. Cependant, on notera que **450** et **402 kg** de civelles ont été de nouveau déversés sur la Boutonne en février et en avril 2014, respectivement (*Figure 102*).

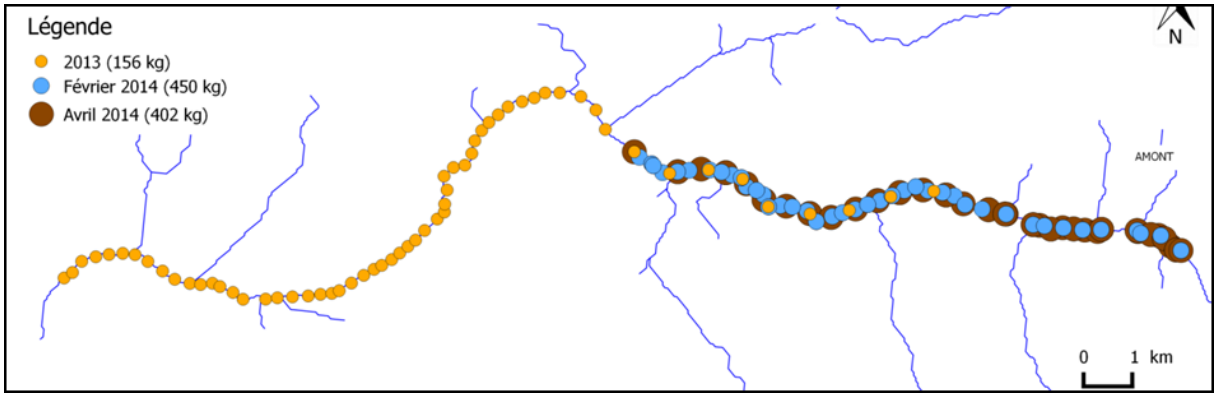

Figure 102 : carte localisant les déversements successifs réalisés sur la Boutonne entre 2013 et 2014

232 kg de civelles ont été déversés en **61 points** sur la Boutonne en mars 2013 (*Figure 103*). **25 stations** ont été suivies par pêche électrique par point en octobre 2013 (suivi 6 mois), puis en avril 2014 (suivi 12 mois).

Dispersion

A 6 mois, la seule anguille autopsiée et marquée a été pêchée à **1 km en amont** et **1 km en aval** d'un point de déversement de civelles marquées (*Figure 103*). A 12 mois, cette distance est inférieure.

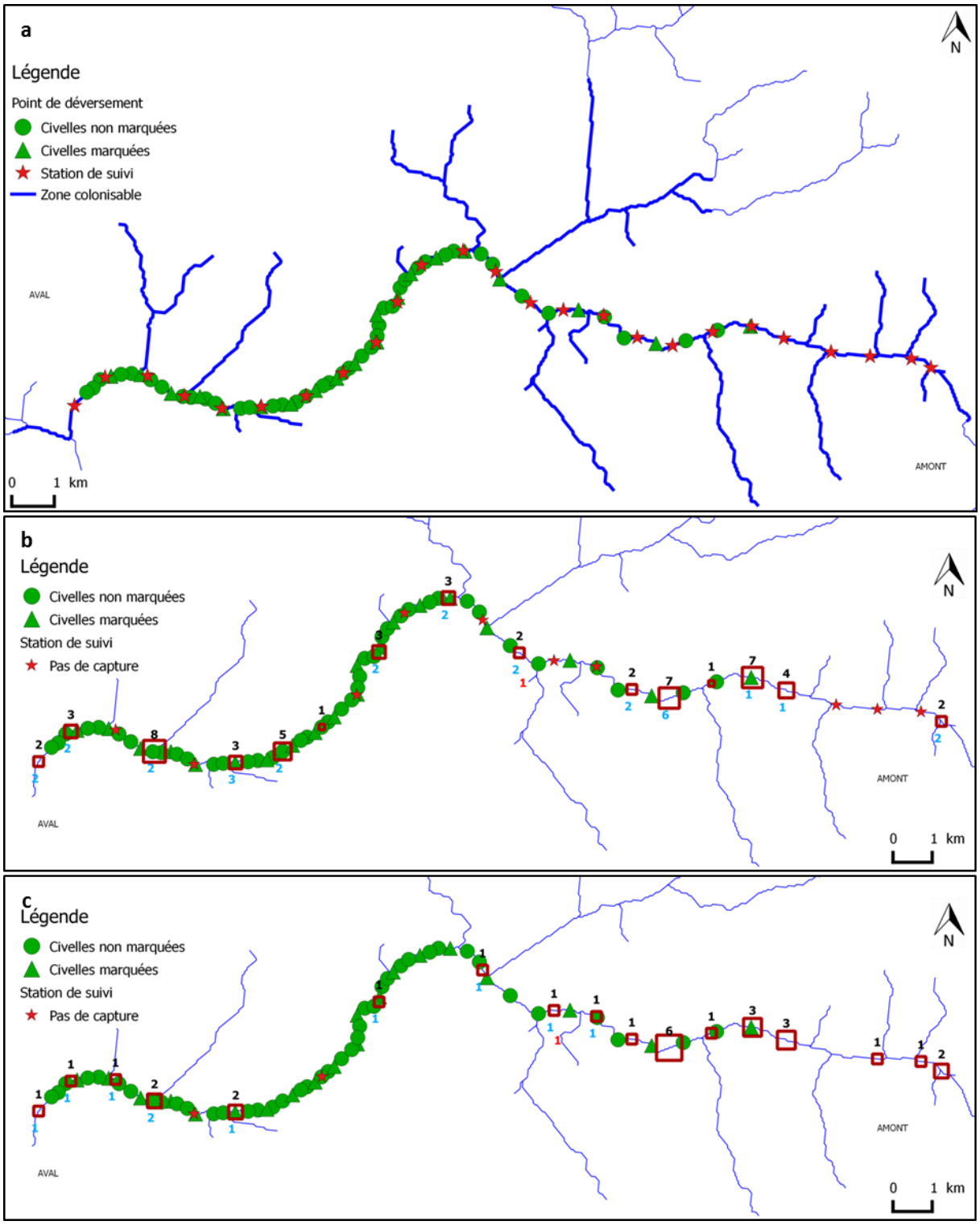

Figure 103 : cartes localisant les 61 points de déversement et les 25 stations de suivi sur la Boutonne (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). Le cours d'eau, représenté par le linéaire bleu, est grossi lorsqu'il est considéré comme étant colonisable par les civelles déversées (a). Entre 3,5 et 4 kg de civelles ont été déversées à chaque point. (a). Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

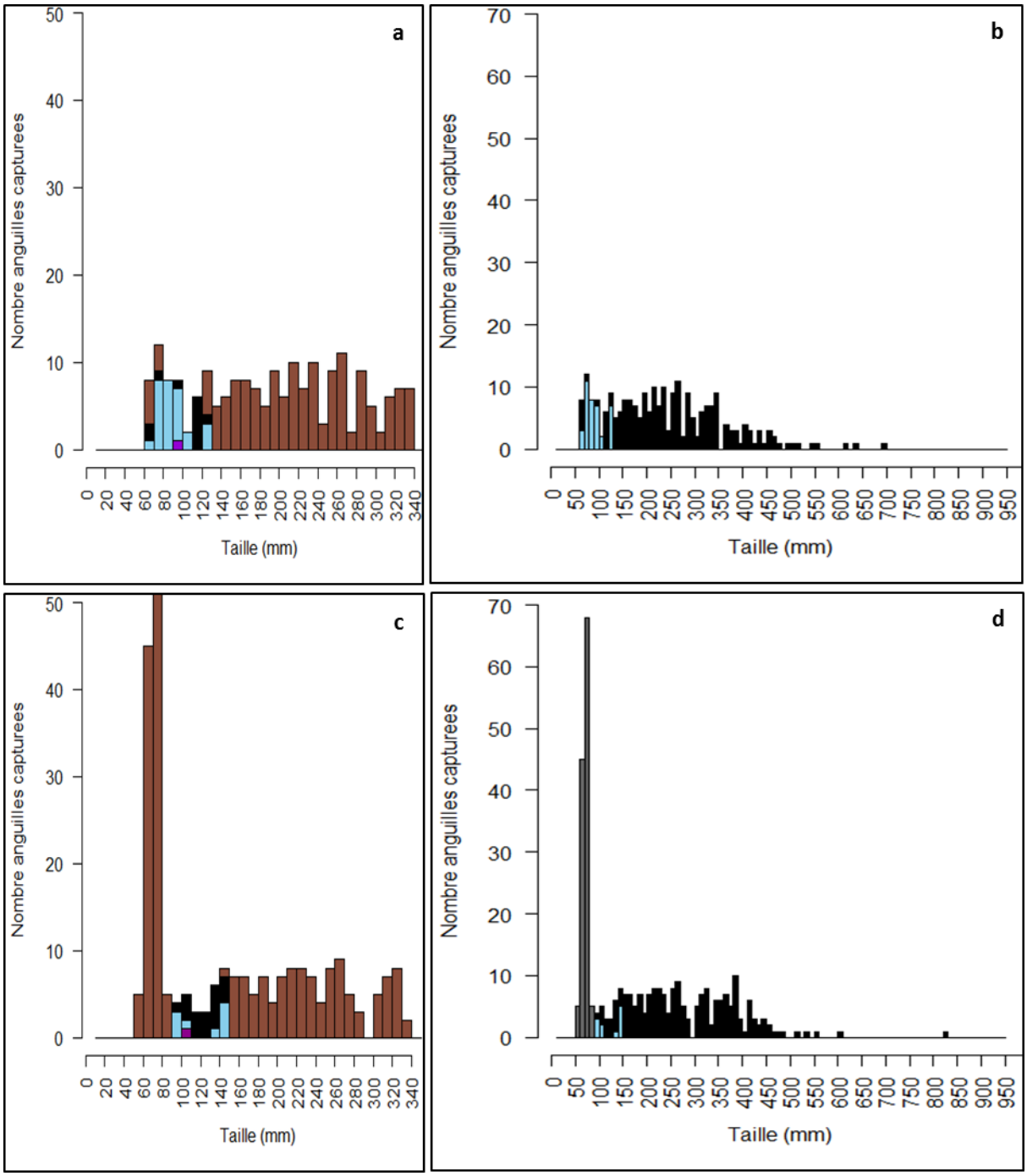

Figure 104 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) sur la Boutonne. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Survie apparente

A partir de l'évaluation de la zone colonisable par les civelles déversées (**114 ha,** *Figure 103*) et de la quantité estimée de **656 604 civelles déversées**, la densité lors du déversement a été estimée à **58 civelles / 100 m²**, soit **2.0 kg / ha**.

Les stations de suivi sont réparties au sein de la zone de déversement et trois stations ont été placées à plus d'1 km en amont de la zone de déversement (*Figure 103*). Chaque station a fait l'objet de 20 EPA de pêche électrique. Ces pêches ont permis de capturer **53 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **29** à 12 mois (*Tableau 42*). Sur les **68 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **29 individus** (43 %) n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (suivis 6 et 12 mois). Ces individus présentaient des tailles diverses, tant pour le suivi 6 mois (68 à 125 mm), que pour le suivi 12 mois (97 à 140 mm). Sur les anguilles autopsiées issues des cohortes recherchées, un individu présente un marquage pour chaque suivi, conduisant à un taux d'individus marqués de **3 et 10 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 34 % des civelles déversées sur la Boutonne étaient marquées, on peut estimer que **9 et 29 %** des individus de la classe de taille d'intérêt sont issus du transfert (en excluant les 5 et 197 individus estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 104*). Ainsi, la densité d'anguilles issues du déversement est estimée à **0.3 et 0.3 individus / 100 m²** lors des deux suivis. Cette densité correspond à **3 809 et 3 341 individus**, respectivement. La survie apparente est alors estimée à **0.6 %** à 6 mois et **0.5 %** à 12 mois.

Cependant, il est à noter qu'aucun individu de moins de 90 mm n'a été autopsié pour le suivi 12 mois (*Figure 104*). En effet, dans la mesure où deux déversements de civelles ont eu lieu sur la Boutonne en 2014, ces individus de petites tailles sont probablement des individus issus des déversements de 2014 et non de 2013 (*Figure 102*). Cette hypothèse est confirmée par le fait que, sur les 20 individus autopsiés au sein de la zone de déversement de 2014, 18 n'appartenaient pas à la cohorte recherchée (*Figure 103*). Ainsi, ces déversements de 2014 poussent à exclure la classe de taille inférieure à 90 mm, alors qu'il est possible que des individus de cette classe de taille présents à l'ouest de la zone de déversement de 2013 soient issus de ce déversement.

Tableau 42. Résumé des captures des deux suivis effectués sur la Boutonne. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 104*).

Campagne	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	241	≤ 130	53	40	29	1	3 %
12 mois	325	90 – 150	29	28	10	1	10 %

Brouage 2012

189 kg de civelles ont été déversés en **90 points** dans le marais de Brouage en mars 2012 (*Figure 105*). **25 stations** ont été suivies principalement par pêche aux verveux en septembre 2012 (suivi 6 mois), puis **29 stations** en juin 2013 uniquement par pêche par engins passifs (suivi 12 mois).

Dispersion

La dispersion des individus est difficile à estimer sans la digitalisation du réseau hydraulique dans lequel s'intègrent les points de déversement et les stations de suivi (*Figure 105*). Cependant, les stations de suivi ont été très majoritairement placées au niveau de points de déversement, ne permettant pas de conclure sur une éventuelle dispersion.

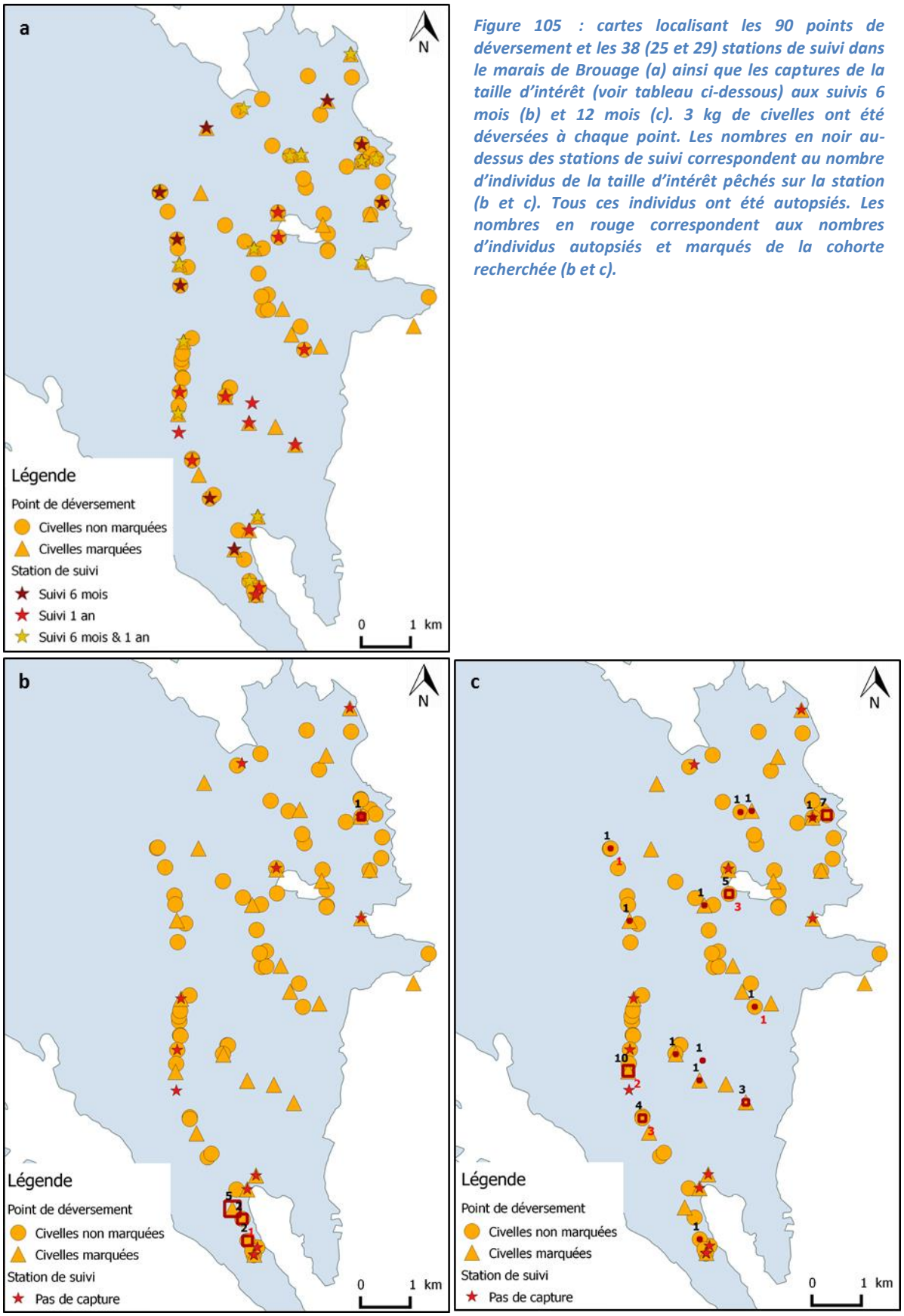

Figure 105 : cartes localisant les 90 points de déversement et les 38 (25 et 29) stations de suivi dans le marais de Brouage (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c). 3 kg de civelles ont été déversées à chaque point. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Tous ces individus ont été autopsiés. Les nombres en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués de la cohorte recherchée (b et c).

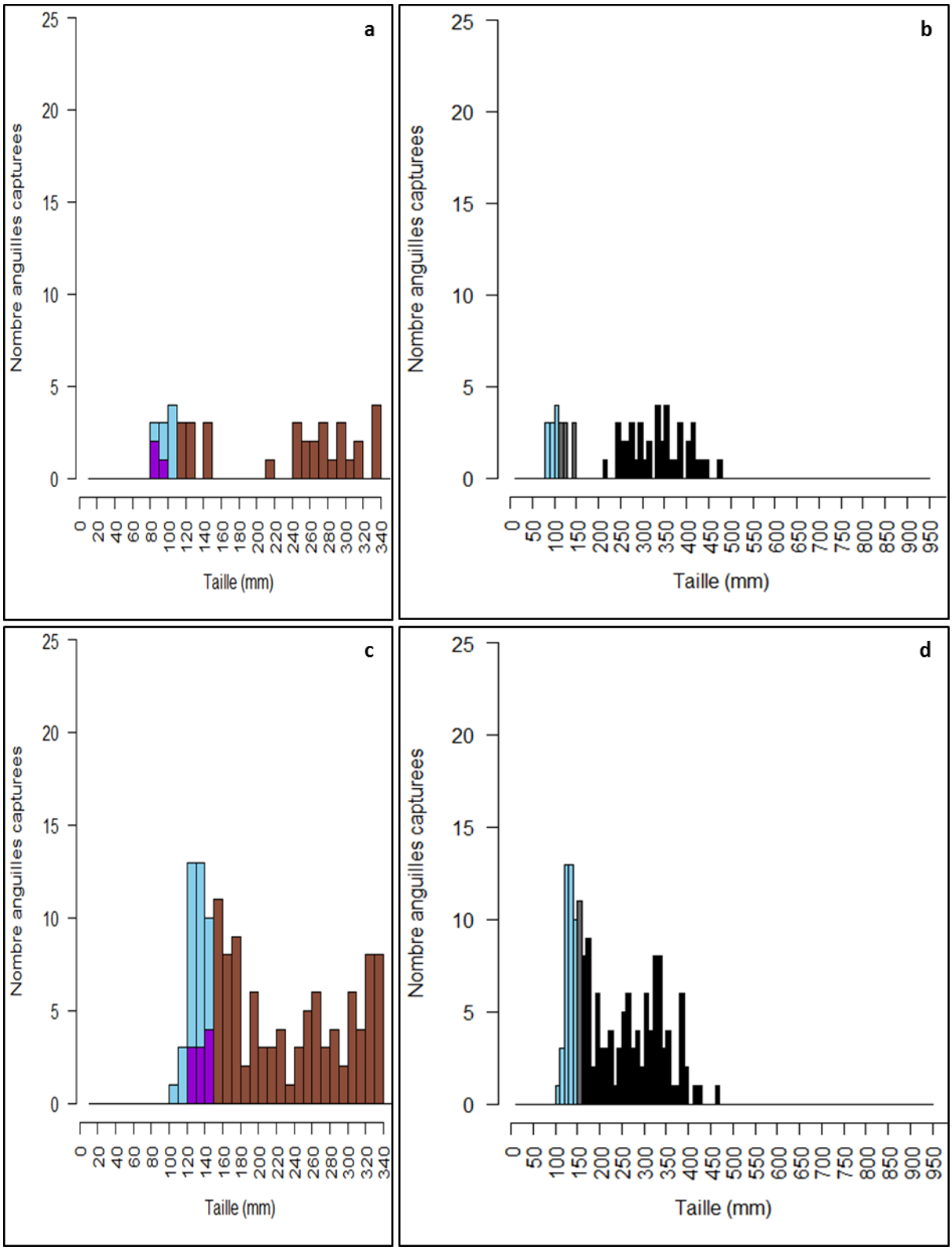

Figure 106 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans le marais de Brouage. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Survie apparente

Cette zone de déversement étant absente du RHT, la surface de zone colonisable, et donc la survie apparente, n'ont pu être calculées. On peut noter cependant la quantité estimée de **637 079 civelles déversées**.

Diverses méthodes d'échantillonnage ont été utilisées pour réaliser les suivis : la pose de verveux (2 mm et 4 mm de maille étirée), la pêche électrique (20 EPA par station, uniquement au suivi 6 mois), la pose d'habitats artificiels (herbes artificielles, paillasson plastique et treillis au suivi 6 mois et fagots au suivi 12 mois). Ces pêches ont permis de capturer **10 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **40** à 12 mois (*Figure 105*, *Tableau 43*). Sur ces **50 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que tous les individus appartenaient à la cohorte recherchée. **3 et 10 individus** présentaient un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **30 et 25 %** pour les suivis 6 et 12 mois, respectivement. Dans la mesure où 30 % des civelles déversées dans le marais de Brouage en 2012 étaient marquées, on peut estimer que **100 %** et **83 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, pour le suivi 6 mois, la pêche électrique permet d'estimer une densité d'anguilles issues du déversement de **5.6 individus / 100 m² et** la pose d'engins passifs conduit à une CPUE en anguilles issues du déversement estimée à **0.02 et 0 individus / piège / 24 h**, en incluant et excluant respectivement les habitats artificiels. De même, pour le suivi 12 mois, la pose d'engins passifs conduit à une CPUE en anguilles issues du déversement estimée à **0.63 ou 0.68 individus / piège / 24 h**, en incluant et excluant respectivement les habitats artificiels.

Tableau 43. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le marais de Brouage. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 106*).

Campagne	Méthode pêche	Nb stations (tps pose)	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	PE	4	21	≤ 110	9	10	10	3	30 %
	VER 4 mm	16 (24h x 2)	35		0				
	VER 2 mm	8 (24h x 2)	4		0				
	HAB	5 (24h x 1)	1		1				
12 mois	VER 2 mm	8 (24h x 2)	40	≤ 150	11	40	40	10	25 %
	VER 4 mm	20 (24h x 2)	113		27				
	HAB	3 (24 h x 2) + 2 (24h x 1)	19		2				

PE : pêche électrique ; VER : verveux ; HAB : habitats artificiels

Tableau 44. Résumé des données des projets de l'UGA Garonne – Dordogne – Charente effectués sur un cours d'eau et un marais

		2013 Boutonne	2012 Brouage	
PRE - DEVERSEMENT	Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.35	0.30	
	Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	96 %	97 %	
	Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	95 %	96 %	
DEVERSEMENT	Poids total déversé (kg)	232	189	
	Nombre de civelles déversées (estimé)	656 604	637 079	
	% civelles marquées	30	30	
	Surface colonisable (ha)	114	-	
	Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	58	-	
	Nombre points de déversement	61	90	
	Distance moyenne entre points de déversement (m)	370	-	
	Poids moyen déversé / point (kg)	3.8	3.0	
	Nombre civelles déversées / point (estimé)	10 764	10 112	
SUIVI	Méthode de pêche pratiquée	PE	PE	VER + HAB
	Nombre stations	25	4 / 0	23 / 29
	Nombre EPA / station	20	20	
	Nombre jours de pose / station			2
	Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	> 2 km	NON	
6 mois	**Densité anguilles (nb / 100m²)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	3.8	5.6	
	CPUE (nb / verveux / 24h) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)			0.02
	Correction marquage	9 %		100 %
	Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	0.3	5.6	
	CPUE (nb / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)			0.02
	Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	3 809		
	Survie apparente corrigée	0.6 %		
12 mois	**Densité anguilles (nb / 100m²)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	1.0		
	CPUE (nb / verveux / 24h) (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)			0.63
	Correction marquage	29 %		83 %
	Densité anguilles (nb / 100m²) (estimée comme issues du déversement)	0.3		
	CPUE (nb / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)			0.52
	Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)	3 341		
	Survie apparente corrigée	0.5% *		

INV : inventaire par pêche électrique ; PE : pêche électrique par point ;

** : la survie est probablement sous-estimée par le choix de ne pas autopsier les plus petits individus*

UGA GARRONNE – DORDOGNE - CHARENTE : cours d'eau & marais

Deux stations très différentes dans leur configuration mais pour lesquels le poids de civelles déversées par point est parmi les plus faibles (en moyenne 3 kg représentant environ 10 000 civelles)

Survie apparente (*Tableau 44*)

- Boutonne : une très faible survie apparente (< 1 %) pourtant :
  - le lot déversé était de bonne qualité (probabilité de survie estimée en laboratoire (15 jours) de 96 %, en tenant compte du marquage)
  - une densité de civelles déversées faible (58 individus / 100 m²)
  - un nombre de civelles déversées par point faible
  - des stations de suivi permettant de capturer des individus ayant dispersés vers l'amont

  mais :
  - deux déversements effectués en 2014 ont conduit à exclure les petits individus de l'autopsie pour le suivi 12 mois

- Marais de Brouage :
  - une survie apparente non estimable
  - lors du premier suivi, les captures ont mis en évidence une efficacité supérieure de la pêche électrique par rapport aux engins passifs, méthode qui n'a pas été reconduite au suivi 12 mois. L'utilisation d'engins passifs nécessite en effet le déplacement des individus lors de la période de pêche.

LES PLANS D'EAU

Hourtin 2011

45 kg de civelles ont été déversés en **27 points** dans le lac d'Hourtin en avril 2011 (*Figure 107*). **9 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en octobre 2011 (suivi 6 mois), puis en mai 2012 (suivi 12 mois) et enfin en juin 2014 (suivi 36 mois).

Dispersion

2 individus ont été capturés à moins de 800 m d'un point de déversement, le troisième a été capturé au sein de la zone de déversement (*Figure 107*).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des plans d'eau. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de

calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité estimée de **173 684 civelles déversées**.

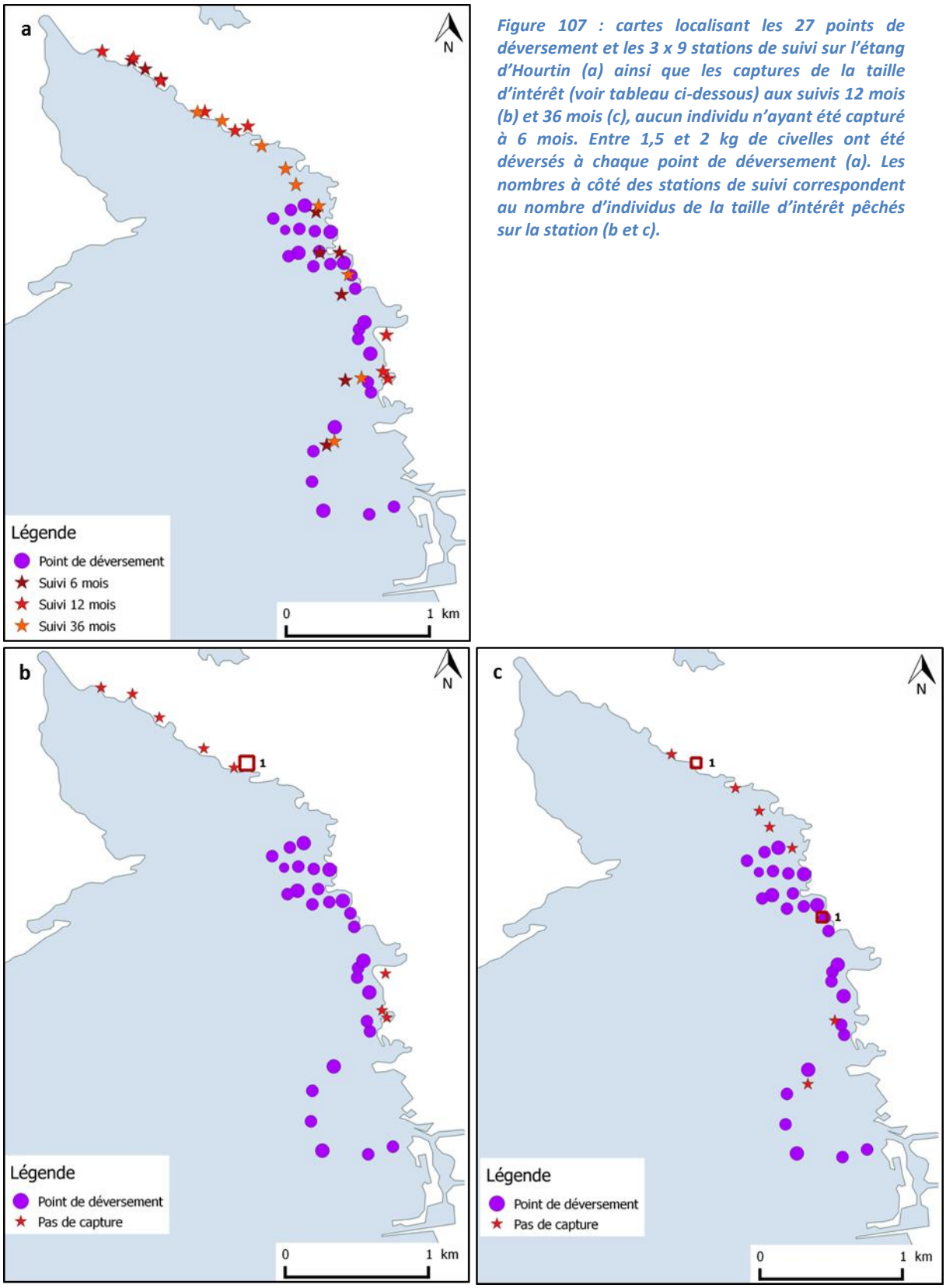

Figure 107 : cartes localisant les 27 points de déversement et les 3 x 9 stations de suivi sur l'étang d'Hourtin (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 12 mois (b) et 36 mois (c), aucun individu n'ayant été capturé à 6 mois. Entre 1,5 et 2 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

A deux reprises, un verveux de maille 2.5 mm étirée a été posé à chacune des 9 stations de suivi durant 24 à 48h (*Tableau 45*). Ces pêches n'ont pas permis de capturer d'anguilles durant le suivi 6

mois alors que **1 et 2 anguilles** de la taille d'intérêt ont été capturées à 12 et 36 mois , donnant une **CPUE de 0, 0.04 et 0.05 individus / verveux / 24h** pour chaque suivi.

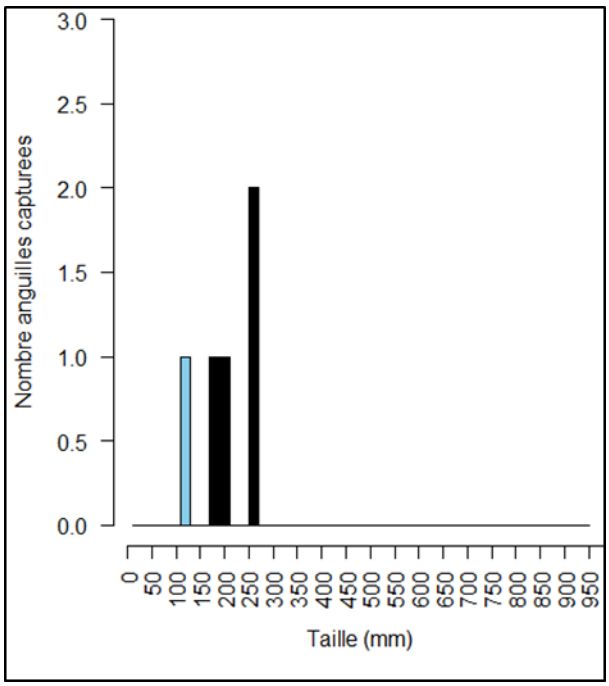

Figure 108 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (b) dans le lac d'Hourtin. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. Aucun et 2 individus ont été capturés à 6 et 36 mois, respectivement.

Tableau 45. Résumé des captures des trois suivis effectués dans le lac d'Hourtin. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6, 12 et 36 mois respectivement, *Figure 108*).

Campagne	Type Verveux	Nb stations (tps pose)	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	2.5 mm	9 (2 x 48h)	0	-	-	-	-	-
12 mois		9 (24h + 48h)	5	124	1	-	-	-
36 mois		9 (2 x 48h)	2	126 & 142	2	-	-	-

Cousseau 2012

150 kg de civelles ont été déversés en **40 points** sur l'étang de Cousseau en mars 2012 (*Figure 109*). **12 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en juin 2013 (suivi 12 mois).

Dispersion

Toutes les stations de suivi sont à une centaine de mètres d'un point de déversement, ce qui ne permet pas de conclure quant à la dispersion des individus (*Figure 109*).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des milieux ouverts. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité de **505 618 civelles déversées**.

Expertise du repeuplement de civelles en France de 2011 à 2013 / GRISAM 2015

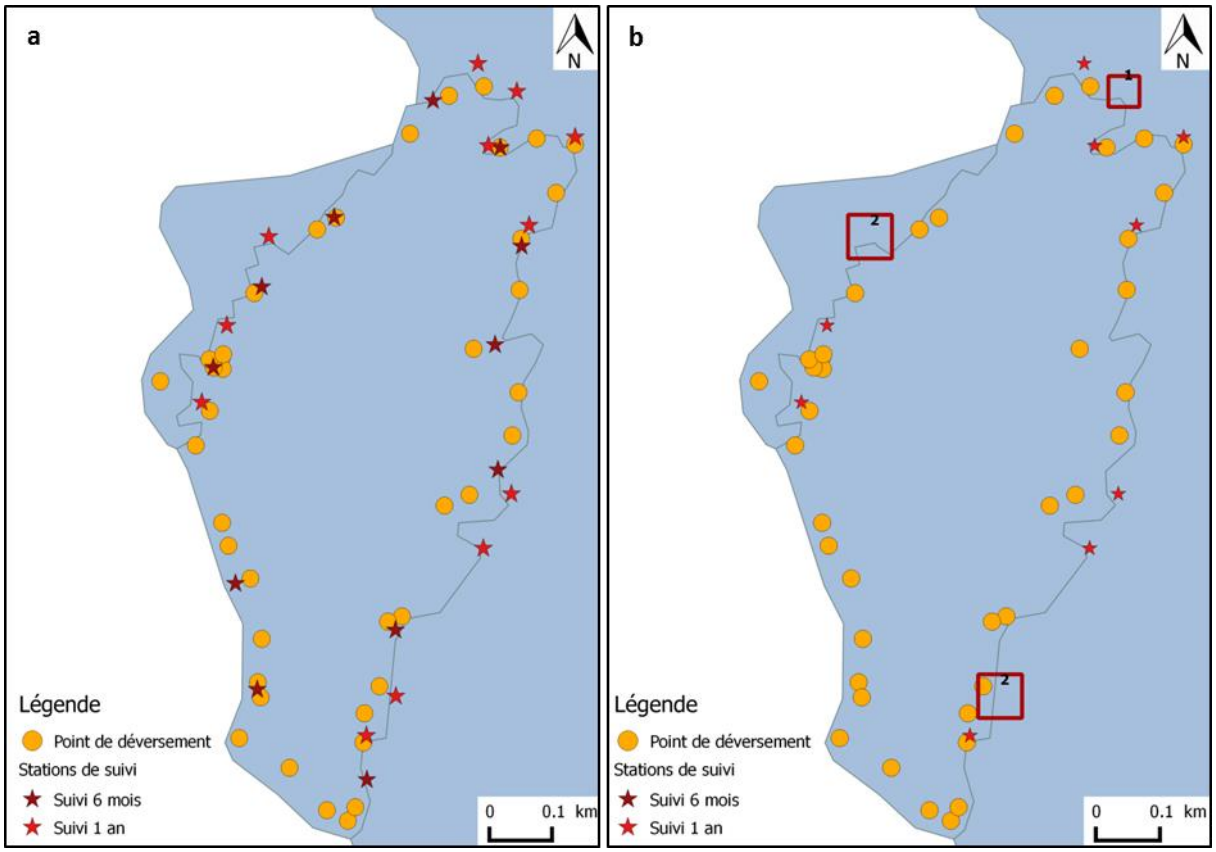

Figure 109 : cartes localisant les 40 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang de Cousseau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 12 mois (b), aucun individu n'ayant été capturé à 6 mois. 3,75 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

A deux reprises, un verveux de maille 2.5 mm ou 4.0 mm étirée a été posé à chacune des 12 stations de suivi durant 24 à 48h (*Tableau 46*). Ces pêches n'ont pas permis de capturer d'anguilles durant le suivi 6 mois alors que **5 anguilles** de la taille d'intérêt ont été capturées à 12 mois, donnant une **CPUE de 0 et 0.14 individus / verveux / 24h** pour chaque suivi.

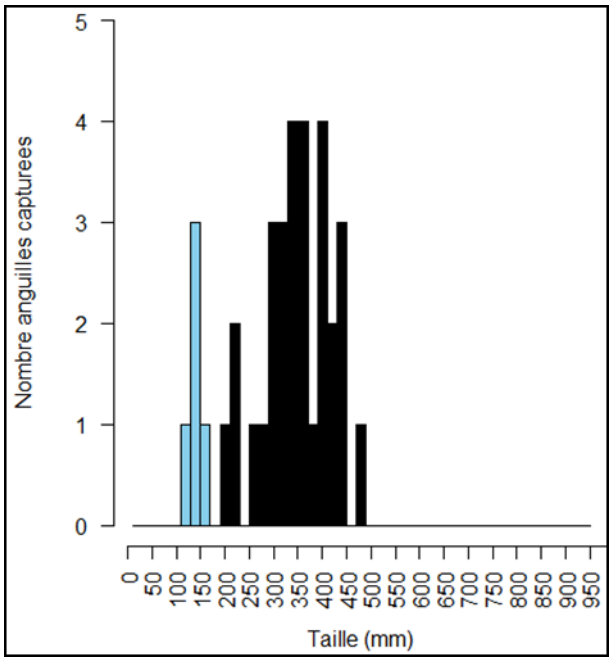

Figure 110 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (b) dans l'étang de Cousseau. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert. Aucun individu n'a été capturé à 6 mois.

Tableau 46. Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang de Cousseau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois respectivement, *Figure 110*).

Campagne	Type Verveux	Nb stations (tps pose)	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	6 x 2.5 mm + 6 x 4 mm	12 (2 x 48h)	0	-	-	-	-	-
12 mois	9 x 2.5 mm + 3 x 4 mm	12 (48h + 24h)	35	≤ 170	5	-	-	-

ETANG DE LACANAU

Deux opérations ont été réalisées sur le lac de Lacanau durant la période étudiée : une en 2012 et une en 2013 sur une partie de la rive ouest et une partie de la rive sud-ouest. Un troisième déversement de 227 kg de civelles a également été réalisé en février 2014 (*Figure 111*).

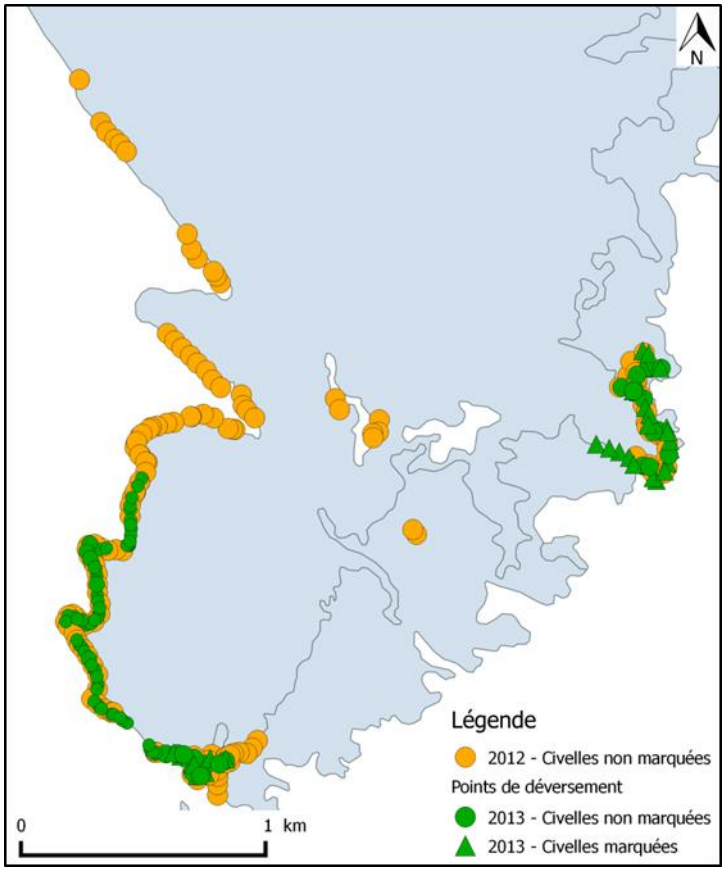

Figure 111 : carte localisant les points de déversements des deux projets effectués dans le lac de Lacanau entre 2011 et 2013

Lacanau 2012

459 kg de civelles ont été déversés en **153 points** dans le lac de Lacanau en mars 2012 (*Figure 112*). **12 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en mai 2013 (suivi 12 mois).

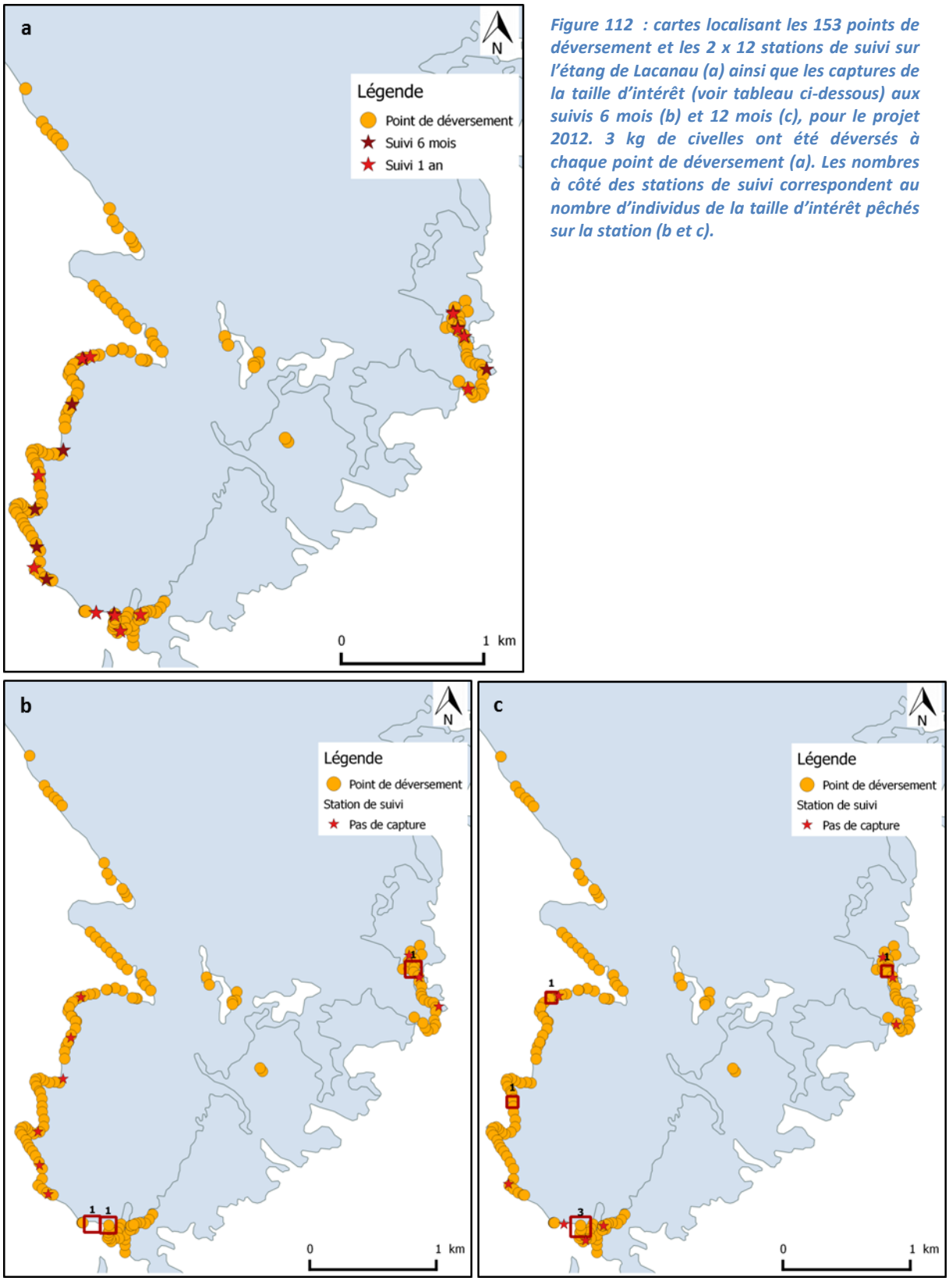

Figure 112 : cartes localisant les 153 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang de Lacanau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet 2012. 3 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres à côté des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c).

Dispersion

Toutes les stations de suivi sont à une centaine de mètres d'un point de déversement, ce qui ne permet pas de conclure quant à la dispersion des individus (*Figure 112*).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des milieux ouverts. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité estimée de **1 610 526 civelles déversées**.

A deux reprises, un verveux de maille 2.5 mm ou 4.0 mm étirée a été posé à chacune des 12 stations de suivi durant 48h (*Tableau 47*). Ces pêches ont permis de capturer **3 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **6** à 12 mois, donnant une **CPUE de 0.06 et 0.13 individus / verveux / 24h** pour chaque suivi. Cependant, à 12 mois, parmi les 6 anguilles de la bonne taille pêchées, certaines peuvent être issues du déversement de 2013.

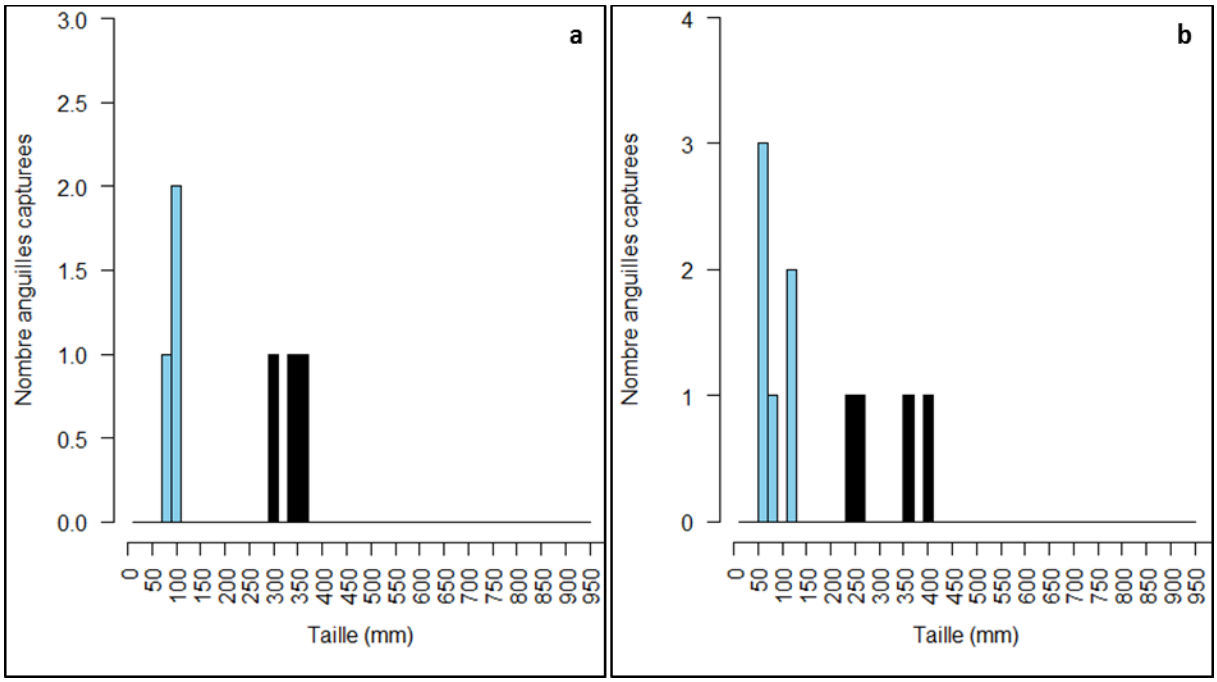

Figure 113 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a) et 12 mois (b) dans l'étang de Lacanau. Les individus représentés en bleu sont considérés comme étant issus du transfert, contrairement à l'individu représenté en noir, trop grand pour être issu du transfert.

Tableau 47. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le lac de Lacanau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de l'histogramme de distribution des tailles des anguilles capturées (6 et 12 mois respectivement, *Figure 113*).

Campagne	Type Verveux	Nb stations (tps pose)	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	9 x 2.5 mm + 3 x 4 mm	12 (2 x 48h)	6	≤ 110	3	-	-	-
12 mois			10	≤ 130	6	-	-	-

Enfin, pour le suivi 12 mois, il est étonnant de constater l'absence d'un pic de jeunes individus (*Figure 113*), alors qu'un déversement de **330 kg** a eu lieu quelques mois auparavant.

Lacanau 2013

330.7 kg de civelles ont été déversés en **133 points** dans le lac de Lacanau en février 2013 (*Figure 114*). **15 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en septembre 2013 (suivi 6 mois), puis **17** en juin 2014 (suivi 12 mois).

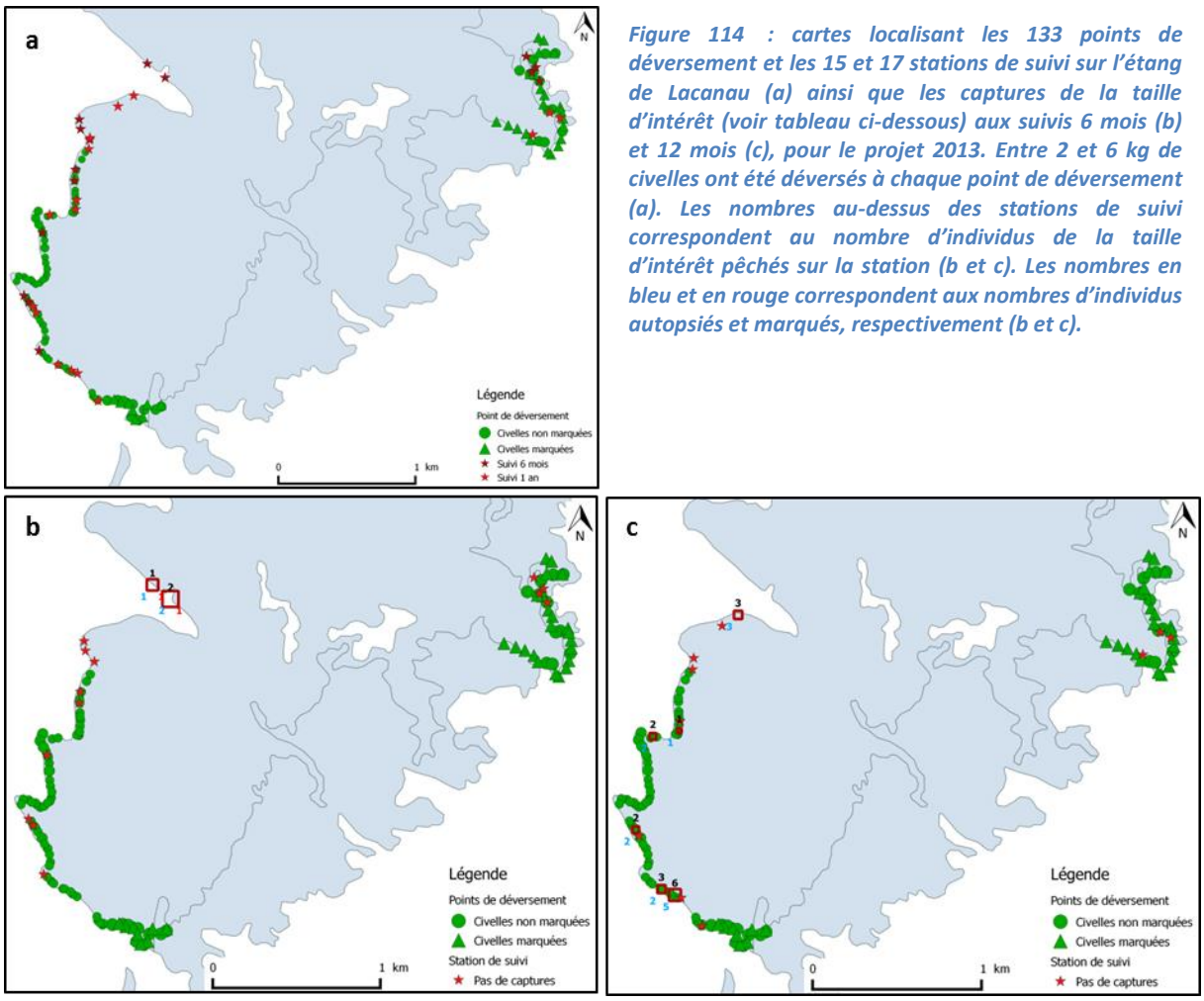

Figure 114 : cartes localisant les 133 points de déversement et les 15 et 17 stations de suivi sur l'étang de Lacanau (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c), pour le projet 2013. Entre 2 et 6 kg de civelles ont été déversés à chaque point de déversement (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

Dispersion

Lors du suivi 6 mois, les deux individus marqués ont été trouvés sur les deux stations les plus éloignées des points de déversement **(> 2 km**)(*Figure 114*).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des milieux ouverts. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité estimée de **986 118 civelles déversées**.

A quatre reprises, un verveux de maille 2.5 mm ou 4.0 mm étirée a été posé à chacune des 15 à 17 stations de suivi durant 48h (Tableau 48). Ces pêches ont permis de capturer **3 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **17** à 12 mois. Sur les **20 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé qu'un individu n'appartenait pas à la cohorte recherchée. A 6 mois, **2 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **67 %**. En considérant tous les individus de la taille d'intérêt pêchés à 6 mois comme étant issus du déversement (puisque 36 % des civelles déversées étaient marquées), la CPUE en anguilles issues du déversement est estimée à **0.025 individus / verveux / 24h**.

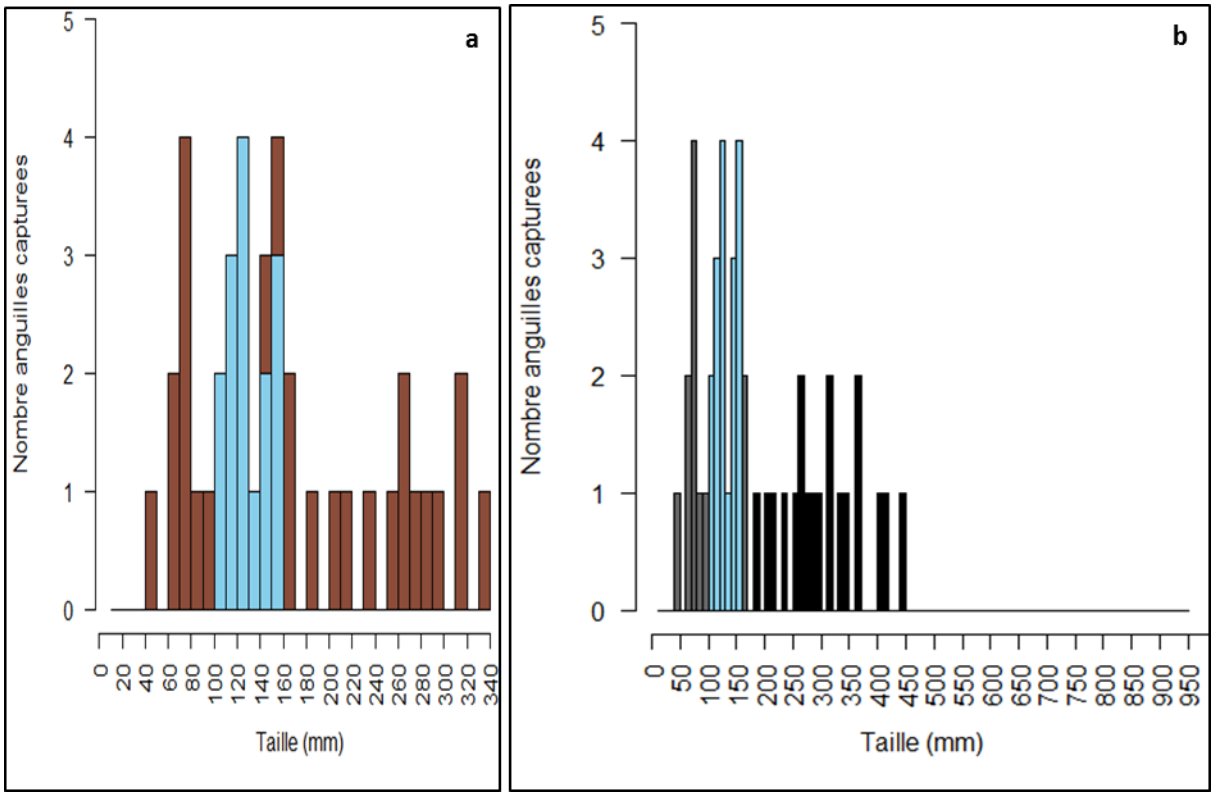

Figure 115 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans l'étang de Lacanau. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en gris représentent des classes de taille pouvant provenir du déversement mais pour lesquelles aucun individu n'a été autopsié.

Tableau 48. Résumé des captures des deux suivis effectués dans le lac de Lacanau. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 115*).

Campagne	Type verveux	Nb stations (tps pose)	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb individus (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	10 x 2.5 mm + 5 x 4 mm	15 (4 x 48 h)	4	85, 99, 120	3	3	3	2	67 %
12 mois	12 x 2.5 mm + 5 x 4 mm	17 (4 x 48 h sauf 1 : 1 x 48h)	47	100 - 160	17	15	15	0	0 %

Au suivi 12 mois, aucun individu autopsié ne présentait de marque. Cependant, en considérant que, lors de l'autopsie, **moins d'1 individu** est marqué, le taux d'individus marqués est inférieur à **7 %**. Dans la mesure où 36 % des civelles déversées dans le lac de Lacanau en 2013 étaient marquées, on peut estimer que **moins de 18 %** des individus de la taille d'intérêt sont issus du transfert. Ainsi, la CPUE en anguilles issues du déversement est estimée comme étant **inférieure à 0.13 individus / verveux / 24h**.

Enfin, pour le suivi 12 mois, il est étonnant de constater l'absence d'un pic de jeunes individus (*Figure 115*), alors qu'un déversement de **227 kg** a eu lieu quelques mois auparavant.

UGA GARONNE – DORDOGNE - CHARENTE :

Les déversements en lacs et suivis en verveux : survie apparente (*Tableau 49*)

Des CPUE extrêmement faibles (inférieures à 0.15 ind / piège / 24h) qui peuvent être dues à:

- une faible efficacité de la méthode d'échantillonnage passive qui nécessite donc le déplacement des individus lors de la période de pêche. L'absence de pics de jeunes individus aux suivis 12 mois renforce cette hypothèse dans la mesure où ces suivis ont été réalisés après des déversements récents de civelles.
- une très forte dispersion des individus juste après déversement, comme le suggère le projet Lacanau 2013. L'espace est en effet particulièrement disponible dans ce genre de milieu, contrairement par exemple, au marais de Brouage, où la CPUE observée au suivi 6 mois était de 0.63 ind / piège / 24h.

Enfin, lors des pêches aux verveux, certaines espèces non ciblées sont piégées, telles que les écrevisses, dont l'écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii*, qui est réputée pour fortement dégrader le milieu qu'elle envahi. On peut alors se demander si cet habitat dégradé est propice aux déversements de civelles. Par exemple, sur le lac d'Hourtin, durant le suivi 36 mois, 822 écrevisse de Louisiane ont été pêchées (soit 22.8 individus / verveux / 24h).

Tableau 49. Résumé des données des projets de l'UGA Garonne – Dordogne – Charente effectués sur des plans d'eau

			2011	2012		2013	
			Hourtin	Cousseau	Lacanau	Lacanau	
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.25	0.3	0.28	0.33	0.34
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	80 %	97 %	95 %	97 %	94 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	-	-	-	-	92 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	44	150	459	120	210.7
		Nombre de civelles déversées (estimé)	173 684	505 618	1 610 526	98 618	
		% civelles marquées	0	0	0	36	
		Surface colonisable (ha)	-	-		-	
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	-	-		-	
		Nombre points de déversement	27	40	153	117	
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	-	-	-	-	
		Poids moyen déversé / point (kg)	1.6	3.8	3	2.8	
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	6 433	12 640	10 526	8 428	
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	VE	VE	VE	VE	
		Nombre stations	9	12	12	16	
		Nombre EPA / station	3 ou 4	3 ou 4	4	4 ?	
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	0 - 2 km	NON	NON	> 2 km	
	6 mois	**CPUE (# / verveux / 24h)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0	0	0.06	0.05	
		Correction marquage	-	-	-	100 %	
		CPUE (# / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)	0	0	0.06	0.05	
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)					
		Survie apparente corrigée					
	12 mois	**CPUE (# / verveux / 24h)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.04	0.14	0.13	0.27	
		Correction marquage	-	-	-	?	
		CPUE (# / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)	0.04	0.14	0.13	?	
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)					
		Survie apparente corrigée					
	36 mois	**CPUE (# / verveux / 24h)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.05				
		Correction marquage	-				
		CPUE (# / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)	0.05				
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)					
		Survie apparente corrigée					

6. UGA ADOUR

Dans cette UGA, les déversements ont tous été réalisés sur le même site. Ainsi, deux opérations ont eu lieu sur l'étang d'Aureilhan durant la période étudiée : une en 2012 et une en 2013 sur une partie de la rive nord-est (*Figure 116*). Deux autres déversements de **184.45** et **166.1 kg** de civelles ont également été effectués en février et mars 2014, respectivement.

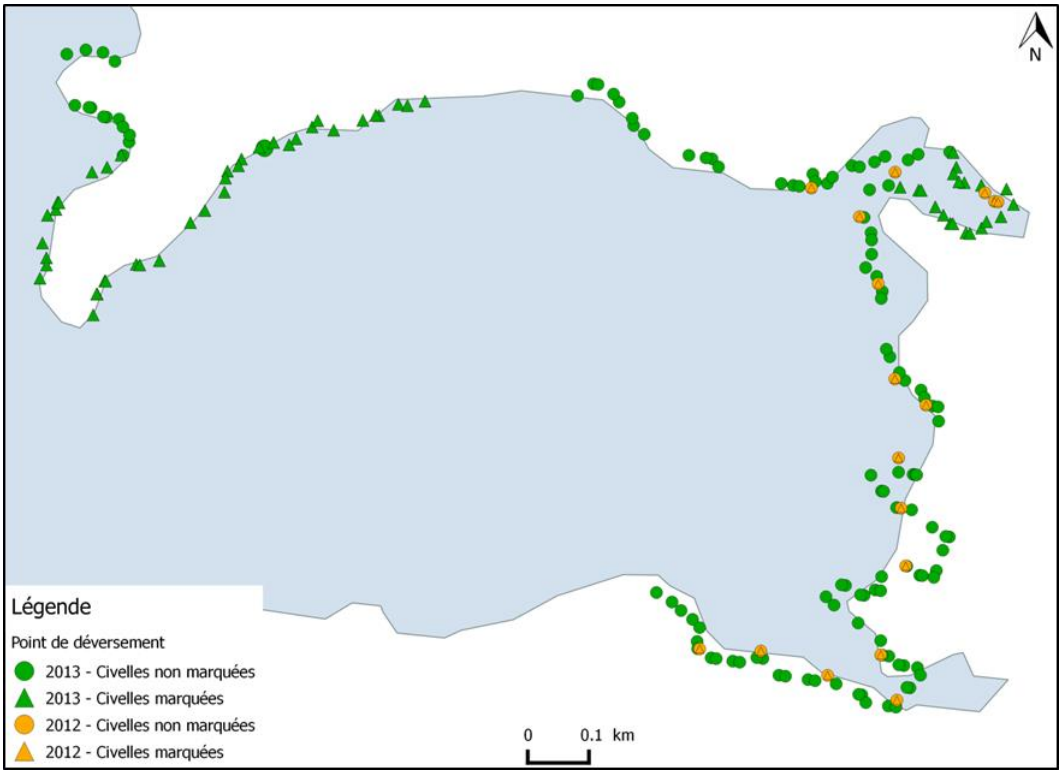

Figure 116 : cartes localisant les 17 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang d'Aureilhan (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b), pour le projet 2012. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b).

Aureilhan 2012

38 kg de civelles ont été déversés en **17 points** dans l'étang d'Aureilhan en avril 2012 (*Figure 117*). **12 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en octobre 2012 (suivi 6 mois), puis en mai 2013 (suivi 12 mois).

Dispersion

A 6 mois, l'anguille marquée a été pêchée à une centaine de mètres d'un point de déversement (*Figure 117*). Le suivi 12 mois aurait davantage permis de suivre une éventuelle dispersion des individus puisque cinq stations étaient éloignées des points de déversements mais l'information sur les stations de pêche des anguilles autopsiées n'a pas été renseignée.

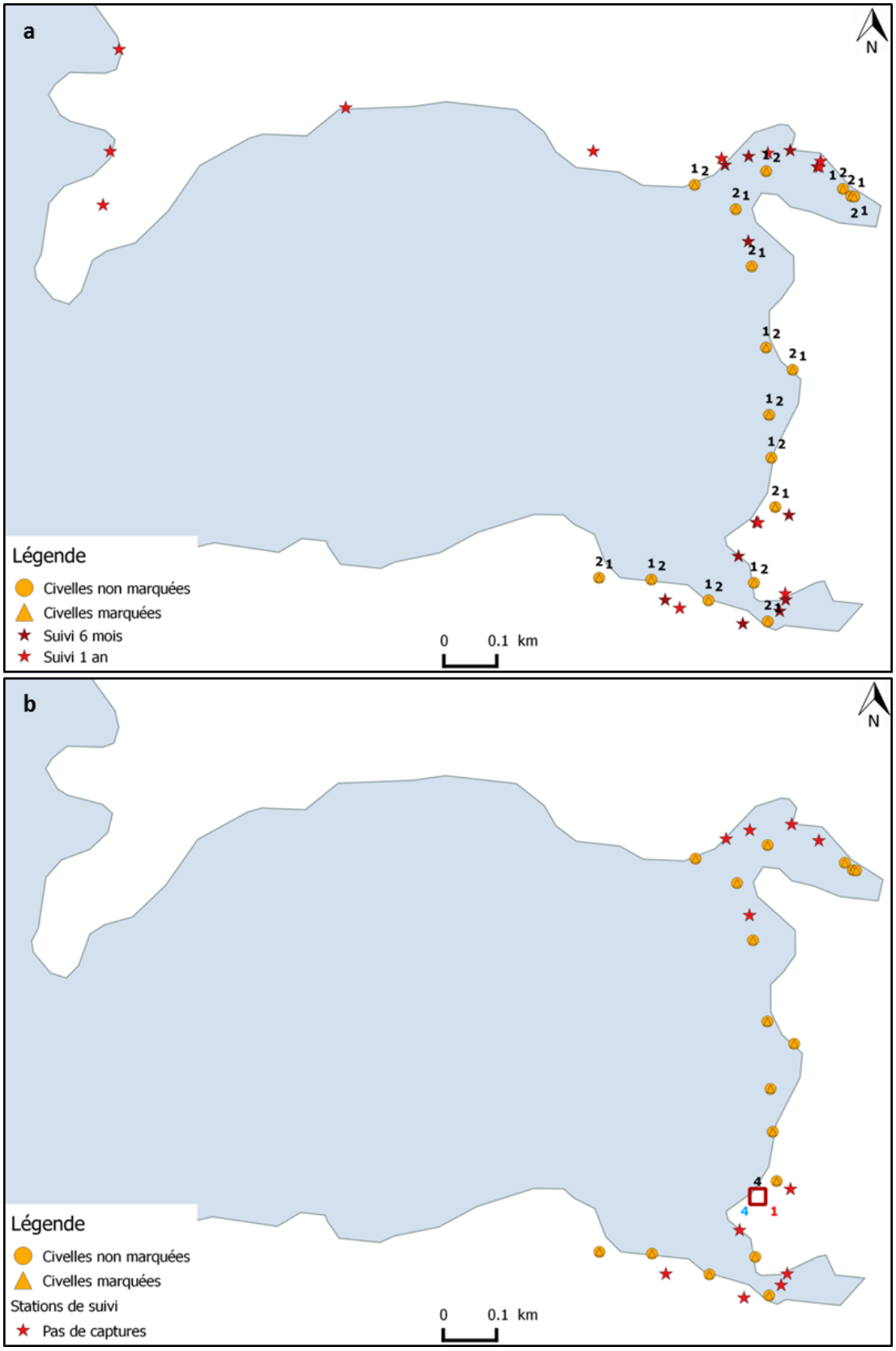

Figure 117 : cartes localisant les 17 points de déversement et les 2 x 12 stations de suivi sur l'étang d'Aureilhan (a) ainsi que les captures de la taille d'intérêt (voir tableau ci-dessous) au suivi 6 mois (b), pour le projet 2012. Les nombres au-dessus des points de déversement correspondent aux poids de civelles déversés (a). Les nombres au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des milieux ouverts. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité estimée de **154 054 civelles déversées**.

A deux reprises, un verveux de maille 2.5 mm ou 4.0 mm étirée a été posé à chacune des 12 stations de suivi durant 48h (Tableau 50). Ces pêches ont permis de capturer **4 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **124** à 12 mois. Sur les **110 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **84 individus (dont 35 marquées)** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée. **1 et 2 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **25 et 9 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où 36 % des civelles déversées sur le lac de Lacanau en 2013 étaient marquées, on peut estimer que **70 %** des individus de la classe de taille d'intérêt sont issus du transfert à 6 mois, et **25 %** des individus autopsiés de la cohorte recherchée sont issus du transfert (tous les individus de la classe d'intérêt ayant été autopsiés) pour le suivi 12 mois. Ainsi, la CPUE en anguilles issues du déversement est estimée à **0.05 et 0.09 individus / verveux / 24h** pour chaque suivi.

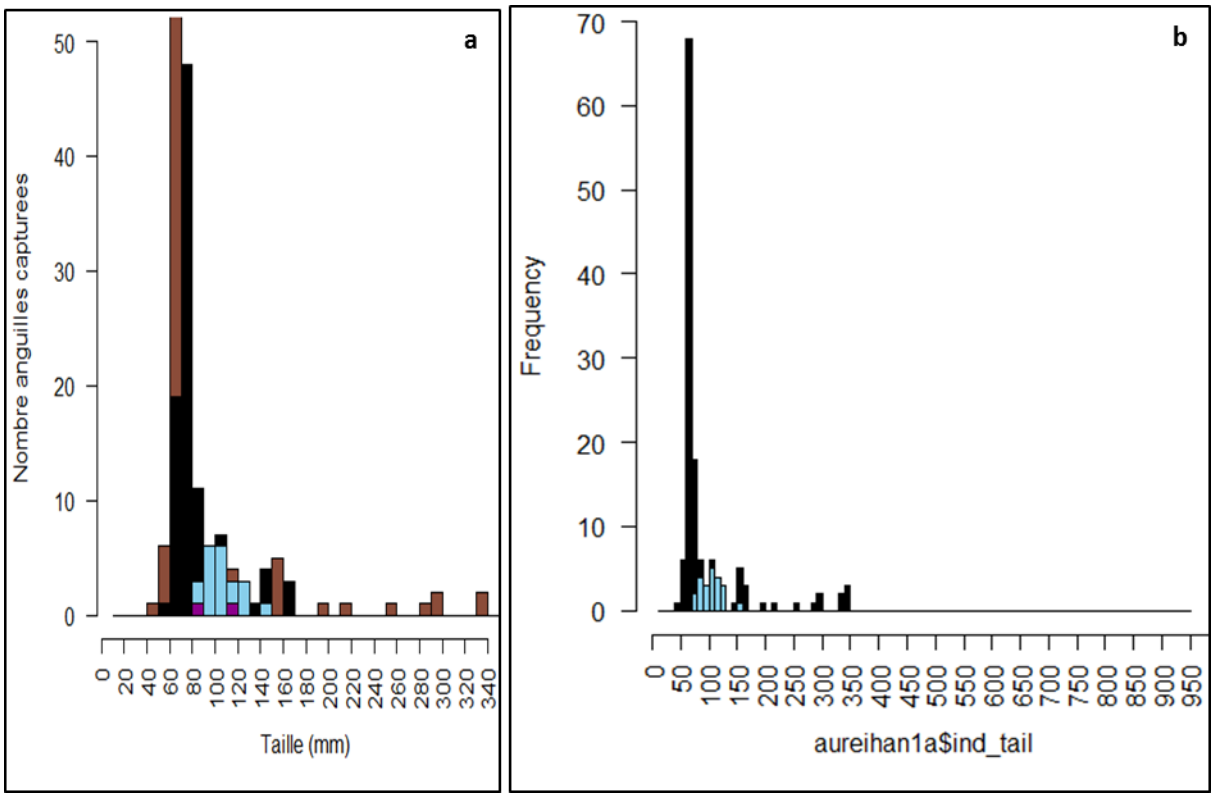

Figure 118 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors du suivi 12 mois (a et b) dans le lac d'Aureilhan. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Le suivi 6 mois n'est pas représenté puisque seuls 7 individus ont été capturés.

Tableau 50. Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang d'Aureilhan. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 118*).

Suivi	Type Verveux	Temps pose / piège	Nombre individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb capturés (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	8 x 2.5 mm + 4 x 4 mm	12 (2 x 48 h)	7	≤ 85	4	4	4	1	25 %
12 mois	4 mm	12 (2 x 48 h)	135	70 - 150	41	106	22	2 (+ 35 de 6 mois)	9 %

Ce projet met en évidence que, lorsque divers déversements ont lieu sur le même site, à 12 mois d'intervalle, il est possible de discriminer les individus des différents projets (lorsque les croissances sont suffisantes) pour le suivi 12 mois. Cependant, pour cela, il a été nécessaire d'autopsier et donc de sacrifier deux fois plus d'individus que prévu dans le protocole (106 au lieu de 50).

Aureilhan 2013

200 kg de civelles ont été déversés en **183 points** dans l'étang d'Aureilhan en février 2013 (*Figure 119*). **16 stations** ont été suivies par pêche aux verveux en octobre 2013 (suivi 6 mois), puis en juin 2014 (suivi 12 mois).

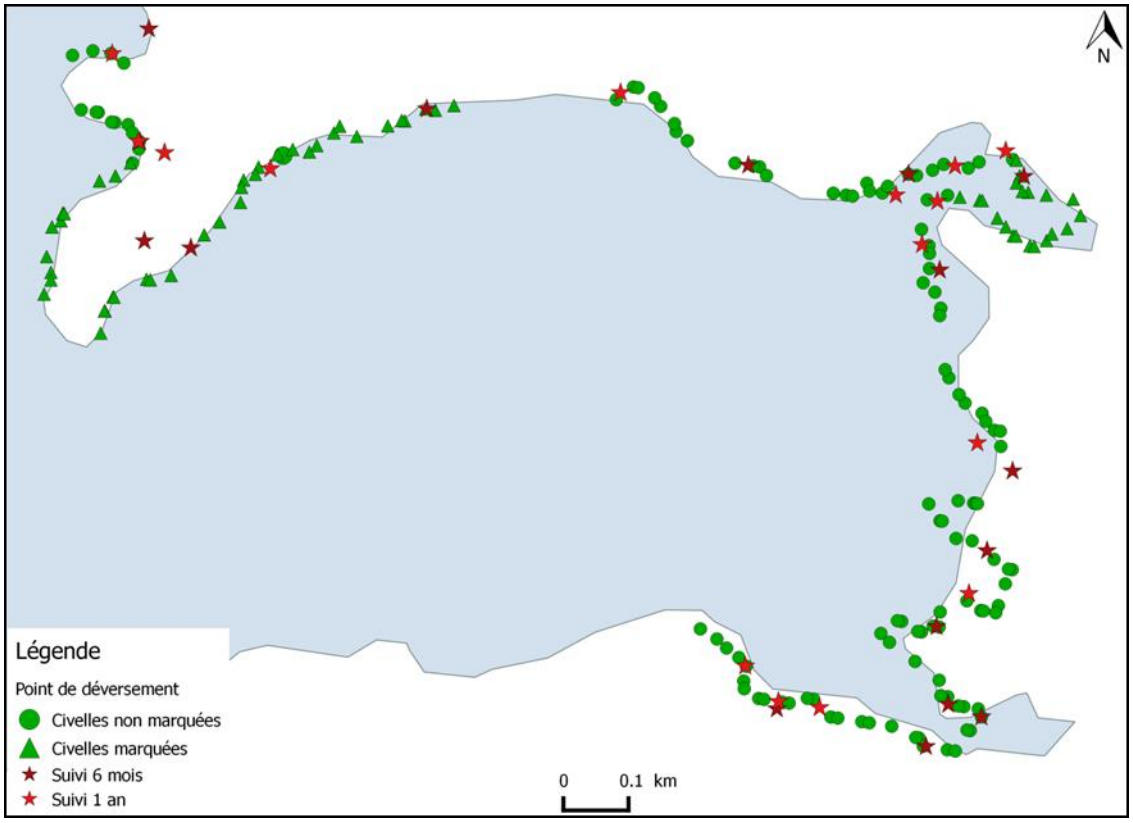

Figure 119 : carte localisant les 182 points de déversement et les 2 x 16 stations de suivi dans le cadre du projet Aureilhan 2013. 2 ou 4 kg de civelles ont été déversés à chaque point.

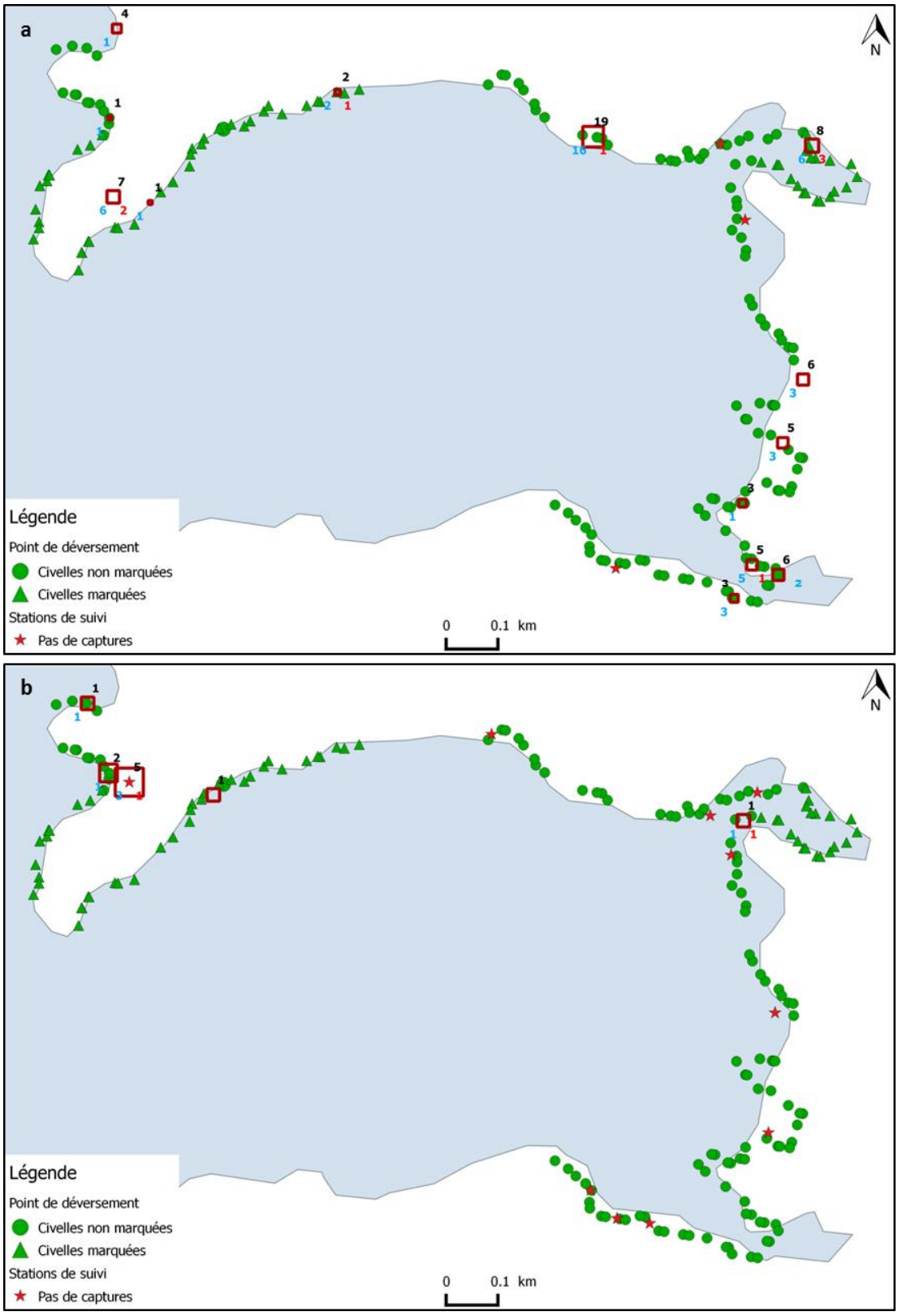

Figure 120 : cartes localisant les captures de la taille d'intérêt aux suivis 6 mois (b) et 12 mois (c) dans le lac d'Aureilhan. Les nombres en noir au-dessus des stations de suivi correspondent au nombre d'individus de la taille d'intérêt pêchés sur la station (b et c). Les nombres en bleu et en rouge correspondent aux nombres d'individus autopsiés et marqués, respectivement (b et c).

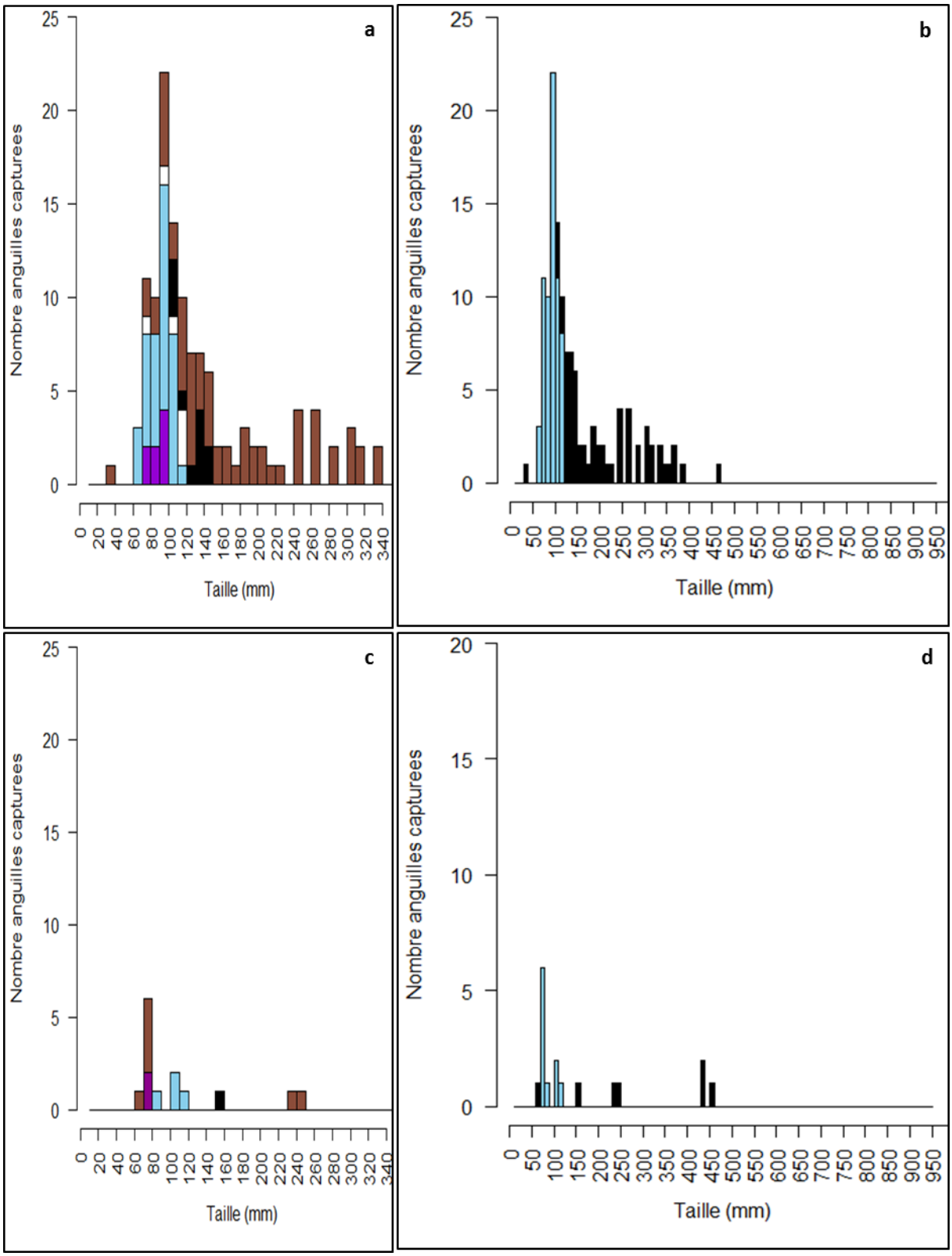

Figure 121 : distribution des tailles d'anguilles capturées lors des suivis 6 mois (a et b) et 12 mois (c et d) dans l'étang d'Aureilhan. Les individus autopsiés sont discriminés des individus non autopsiés (marron)(a, c). Ainsi, les individus représentés en bleu et violet correspondent respectivement à des individus autopsiés de la cohorte recherchée non marqués et marqués, alors que les individus représentés en noir correspondent à des individus appartenant à une cohorte différente de la cohorte recherchée (a, c). A partir de ces autopsies, les individus pouvant être issus du transfert (bleu) sont discriminés des individus ne pouvant en être issus en raison de leur taille (noir)(b, d). Les individus représentés en blanc représentent des individus autopsiés pour lesquels les otolithes étaient illisibles donc n'ont pas permis de déterminer s'ils appartenaient à la cohorte recherchée.

Dispersion

La localisation des stations ne permet pas d'étudier de longues distances : elles sont toutes à moins d'1 km d'un point de déversement de civelles marquées (*Figure 120*).

Survie apparente

Il est difficile de calculer une surface de zone colonisable dans des milieux ouverts. De plus, l'utilisation d'engins passifs ne donne pas accès à une densité d'individus, ne permettant donc pas de calculer une survie apparente. On peut noter cependant la quantité estimée de **154 054 civelles déversées**.

A quatre reprises, un verveux de maille 2.5 mm ou 4.0 mm étirée a été posé à chacune des 16 stations de suivi durant 48h (*Tableau 51*). Ces pêches ont permis de capturer **70 anguilles** de la taille d'intérêt à 6 mois et **124** à 12 mois. Sur les **68 individus autopsiés**, la lecture des otolithes a révélé que **12 individus (dont 3 marquées)** n'appartenaient pas à la cohorte recherchée. **8 et 2 individus** présentent un marquage, conduisant à un taux d'individus marqués de **16 et 33 %**, pour les suivis 6 et 12 mois respectivement. Dans la mesure où, en 2013, 34 % des civelles déversées dans l'étang d'Aureilhan étaient marquées, on peut estimer que **47 et 100 % des individus** des classes d'intérêt sont issus du transfert aux suivis 6 et 12 mois, respectivement. Ainsi, la CPUE en anguilles issues du déversement est estimée à **0.54 et 0.09 individus / verveux / 24h** pour chaque suivi (en excluant les individus de la taille d'intérêt estimés comme étant d'une autre cohorte, *Figure 121*).

Tableau 51 . Résumé des captures des deux suivis effectués dans l'étang d'Aureilhan. La classe de tailles d'intérêt est définie à partir de la taille des individus autopsiés issus de la cohorte recherchée (6 et 12 mois respectivement, *Figure 121*).

Campagne	Type Verveux	Nb stations (tps pose)	Nb individus	Classe d'intérêt (mm)	Nb capturés (taille)	Nb autopsiés	Nb autopsiés (cohorte)	Nb marqués	% marqués observés
6 mois	11 x 2.5 mm + 5 x 4 mm	16 (4 x 48h sauf 1 : 1 x 48h)	128	≤ 120	70	61	44 (+ 6 *)	8 (+ 3 de 1,5 ans)	16 %
12 mois	11 x 2.5 mm + 5 x 4 mm	16 (4 x 48h sauf 1 : 2 x 48h)	17	70 - 120	10	7	6	2	33 %

* : à 6 mois, 6 otolithes (non marquées) n'ont pas permis l'âgeage des individus qui ont alors été considéré comme appartenant à la cohorte recherchée.

Dans la mesure où 350 kg ont été déversé 3 à 4 mois avant le suivi 12 mois du projet Aureilhan 2013, il est étonnant de ne pas observer de pic de petits individus (*Figure 121*).

Tableau 52. Résumé des données des projets de l'UGA Adour

			2012	2013
			Aureilhan	
PRE - DEVERSEMENT		Poids moyen d'une civelle déversée (g)	0.25	0.36
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours	93 %	97 %
		Probabilité de survie estimée, en laboratoire, à 15 jours (avec marquage)	90 %	96 %
DEVERSEMENT		Poids total déversé (kg)	38	200
		Nombre de civelles déversées (estimé)	154 054	563 380
		% civelles marquées	33	34
		Surface colonisable (ha)	-	-
		Densité de civelles déversées (nb / 100m²)	-	-
		Nombre points de déversement	17	182
		Distance moyenne entre points de déversement (m)	-	-
		Poids moyen déversé / point (kg)	3.0	1.66
		Nombre civelles déversées / point (estimé)	12 162	4 674
SUIVI		Méthode de pêche pratiquée	VER	VER
		Nombre stations	12	16
		Nombre EPA / station	4 ?	4 ?
		Localisation des stations permettant l'étude de la dispersion	NON	NON
	6 mois	**CPUE (# / verveux / 24h)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.08	1.09
		Correction marquage	70 %	16 %
		CPUE (# / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)	0.05	0.48
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)		
		Survie apparente corrigée		
	12 mois	**CPUE (# / verveux / 24h)** (classe de taille d'intérêt & cohorte recherchée)	0.85	0.16
		Correction marquage	25 %	33 %
		CPUE (# / verveux / 24h) (estimée comme issue du déversement)	0.09	0.09
		Nombre anguilles (estimées comme issues du déversement)		
		Survie apparente corrigée		

UGA ADOUR

Les déversements en lacs et suivis en verveux : survie apparente (*Tableau 52*)

Deux projets successifs dans le même lac et au même endroit (puis un troisième, en deux temps, en 2014) MAIS des résultats clairs soit en raison d'un nombre limité d'individus piégés, soit *via* le sacrifice d'un plus grand nombre d'individus (au suivi 12 mois du projet de 2012, tous les individus pêchés de la cohorte recherchée ont *à priori* été autopsiés).

Des CPUE de nouveau faibles (une seule fois > 0.10 ind / piège / 24h) qui peuvent être dues :

- A une faible efficacité de la méthode d'échantillonnage passive qui nécessite donc le déplacement des individus lors de la période de pêche
- Une très forte dispersion des individus juste après déversement