

Déversement sur
l'Erdre et individus
marqués à 6 et 12
mois

Opération d'alevinage d'un lot de civelles sur l'Erdre

(Déversements mars et avril 2014) 824,75 kg

Étape 2-3 : Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois

Ce rapport doit être cité comme suit :

MAZEL V., CHARRIER F., MOYON F., SOLA E., CARAGUEL J.-M., TROGER F., SOURDRILLE K., 2017. Suivi de l'opération d'alevinage réalisée sur l'Erdre en 2014, (Rapport 2-3) rapport du déversement FISH-PASS et du suivi à 6, 12 et 36 mois, pour l'Association Départementale Agréée de Pêcheurs Amateurs aux Engins et aux Filets sur les Eaux du Domaine Public de Protection de la Nature et du Milieu Aquatique de Loire-Atlantique (ADAPAEF 44) et pour l'Association Agréée Départementale des Pêcheurs Professionnels Maritimes et Fluviaux en Eau Douce de Loire-Atlantique (209p).

Sommaire

Sommaire	3
Table des figures.....	6
Table des tableaux.....	14
1 Contexte.....	15
1.1 Contexte biologique.....	15
1.2 Contexte réglementaire	15
1.3 Mise en place de l'opération de repeuplement	16
1.4 Unité de Gestion Anguille concernée (UGA)	16
1.5 Porteurs de projet.....	16
2 Données préliminaires	18
2.1 Projet initial.....	18
2.1.1 Provenance des civelles et méthode de pêche	18
2.1.2 Date de capture des civelles destinées au repeuplement	18
2.1.3 Quantité de civelles allouées pour l'opération de repeuplement	18
2.1.4 Lieu et méthode de stockage des civelles (mareyage).....	18
2.1.5 Méthode de conditionnement et de transport des civelles.....	19
2.1.6 Date de déversement	19
2.2 Projet complémentaire	20
2.2.1 Provenance des civelles et méthode de pêche	20
2.2.2 Date de capture des civelles destinées au repeuplement	20
2.2.3 Quantité de civelles allouées pour l'opération de repeuplement	20
2.2.4 Lieu et méthode de stockage des civelles (mareyage).....	20
2.2.5 Méthode de conditionnement et de transport des civelles.....	21
2.2.6 Date de déversement	21
2.3 Calendrier récapitulatif des interventions	21
3 Projet initial	22
3.1 Caractéristiques et qualité des civelles	22
3.1.1 Méthodologie	22
3.1.2 Résultats	26
3.2 Marquage des individus	29
3.2.1 Principe	29
3.2.2 Méthodologie	29
3.2.3 Quantité de civelles marquées	30
3.2.4 Exemples de résultats.....	30
3.3 Alevinage.....	31
3.3.1 Stratégie d'alevinage	31
3.3.2 Méthodologie	31
3.3.4 Résultats	35
3.3.5 Discussion	35
3.4 Étude de la mortalité à 15 jours	36

3.4.1	Méthodologie	36
3.4.2	Résultats	38
3.4.3	Discussion	41
3.4.4	Différence de mortalité (in situ/laboratoire).....	42
3.5	Validation du marquage (à court terme)	43
3.5.1	Provenance des individus pour la validation du marquage	43
3.5.2	Nombre d'individus conservés pour la validation du marquage.....	43
3.5.3	Protocole de traitement des otolithes	43
3.5.4	Résultat de la validation du marquage à court terme.....	43
3.6	Étude du changement de stade à 15 jours (in situ)	44
3.6.1	Résultats	44
3.6.2	Discussion	45
4	Projet complémentaire	46
4.1	Caractéristiques et qualité des civelles	46
4.1.1	Méthodologie	46
4.1.2	Résultats	50
4.2	Marquage des individus	55
4.2.1	Principe	55
4.2.2	Méthodologie	55
4.2.3	Quantité de civelles marquées	56
4.2.4	Exemples de résultats.....	56
4.3	Alevinage.....	57
4.3.1	Stratégie d'alevinage	57
4.3.2	Méthodologie	57
4.3.3	Résultats	60
4.3.4	Discussion	61
4.4	Étude de la mortalité à 15 jours	61
4.4.1	Méthodologie	61
4.4.2	Résultats	63
4.4.3	Discussion	67
4.4.4	Différence de mortalité (in situ/laboratoire).....	68
4.5	Validation du marquage (à court terme)	69
4.5.1	Provenance des individus pour la validation du marquage	69
4.5.2	Nombre d'individus conservés pour la validation du marquage.....	69
4.5.3	Protocole de traitement des otolithes	69
4.5.4	Résultat de la validation du marquage à court terme.....	69
4.6	Étude du changement de stade à 15 jours (in situ)	70
4.6.1	Résultats	70
4.6.2	Discussion	74
5	Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois.....	75
5.1	Objectif	75
5.2	Matériel et méthode.....	75
5.2.1	Présentation du matériel.....	75
5.2.2	Moyens humains	76
5.2.3	Méthode d'échantillonnage	76
5.2.4	Traitement des poissons.....	77

5.2.5	Présentation des stations de pêche	78
5.3	Résultats.....	104
5.3.1	Résultats issus des observations sur le terrain.....	104
5.3.2	Résultats issus des recherches en laboratoire	112
5.4	Discussion.....	116
5.5	Perspectives	117
6	Suivi de l'opération d'alevinage à 12 mois.....	118
6.1	Objectif	118
6.2	Matériel et Méthode.....	118
6.2.1	Présentation du matériel.....	118
6.2.2	Moyens humains	118
6.2.3	Méthode d'échantillonnage	119
6.2.4	Traitement des poissons.....	120
6.2.5	Présentation des stations de pêche	121
6.3	Résultats.....	147
6.3.1	Résultats des observations sur le terrain	147
6.3.2	Résultats des recherches en laboratoire	155
6.4	Discussion.....	158
6.5	Perspectives	159
7	Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois.....	160
7.1	Objectif	160
7.2	Matériel et Méthode.....	160
7.2.1	Présentation du matériel.....	160
7.2.2	Moyens humains	160
7.2.3	Méthode d'échantillonnage	161
7.2.4	Traitement des poissons.....	161
7.2.5	Présentation des stations de pêche	163
7.3	Résultats.....	189
7.3.1	Résultats des observations sur le terrain	189
7.3.2	Résultats des recherches en laboratoire	197
7.4	Discussion.....	201
8	Bilan des 3 années de suivi.....	202
9	Bibliographie.....	204
10	Annexe 1 : Localisation et mesures physico-chimiques des points d'alevinage du 1er projet	206
11	Annexe 2 : Localisation et mesures physico-chimiques des points d'alevinage du second repeuplement.....	207
12	Annexe 3 : Extrait du Guide Beaulaton et Pénil (2009)	208

Table des figures

Figure 1 : Évolution de l'indice de recrutement de civelles en Europe (WGEEL 2011)	15
Figure 2 : Carte de délimitation des UGA France (ONEMA)	17
Figure 3 : Conditionnement des civelles pour le transport (type caisse polystyrène) (B. Sacier, ONEMA)	19
Figure 4 : Conditionnement des civelles pour le transport (type caisse polystyrène) (B. Sacier, ONEMA)	21
Figure 5 : De haut en bas, a) individu sain, b) lésions corporelles importantes, c) lésions caudales et corporelles faibles, d) lésions caudales importantes (Source : FISH-PASS)	23
Figure 6 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage sur l'Erdre en 2014 (FISH-PASS)	23
Figure 7 : Détermination du stade pigmentaire à la loupe binoculaire (FISH-PASS)	24
Figure 8 : Stades pigmentaires de la civelle <i>Anguilla anguilla</i> dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine (GRELLIER et al., 1991).	25
Figure 9 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)	27
Figure 10 : Graphe de la relation taille-poids des civelles au marquage (FISH-PASS)	27
Figure 11 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon au marquage (FISH-PASS)	28
Figure 12 : Marquage des civelles à l'alizarine (FISH-PASS)	29
Figure 13 : Civelles en cours de marquage (FISH-PASS)	30
Figure 14 : À gauche, otolithe présentant un marquage. À droite, otolithe ne présentant pas de marquage (FISH-PASS)	30
Figure 15 : Points de déversement des civelles sur l'Erdre (en violet les points de déversement avec des civelles marquées et non marquées et en vert les points de déversement avec des civelles non marquées) (FISH-PASS)	32
Figure 16 : Déversement de civelles sur l'Erdre (FISH-PASS)	34
Figure 17 : Exemple de mesures des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)	34
Figure 18 : Aquarium utilisé dans le cadre des études de mortalité des civelles en laboratoire (FISH-PASS)	36
Figure 19 : Organisation des tests de mortalité en laboratoire (FISH-PASS)	37
Figure 20 : Préparation des enceintes avant immersion pour les tests in situ (FISH-PASS)	37
Figure 21 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)	38
Figure 22 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)	39
Figure 23: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) au marquage (FISH-PASS)	44
Figure 24 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=100) (FISH-PASS)	45
Figure 25 : Exemple de civelles en cours de reprise alimentaire (FISH-PASS)	45
Figure 26 : De haut en bas, a) individu sain, b) lésions corporelles importantes, c) lésions caudales et corporelles faibles, d) lésions caudales importantes (Source : FISH-PASS)	47
Figure 27 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage complémentaire sur l'Erdre en 2014 (lot 1) (FISH-PASS)	47
Figure 28 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage complémentaire sur l'Erdre en 2014 (lot 2) (FISH-PASS)	48
Figure 29 : Détermination du stade pigmentaire à la loupe binoculaire (FISH-PASS)	48
Figure 30 : Stades pigmentaires de la civelle <i>Anguilla anguilla</i> dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine (GRELLIER et al., 1991).	49
Figure 31 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)	51

- Table des figures -

Figure 32 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)	52
Figure 33 : Relation taille/poids des civelles au marquage (FISH-PASS)	52
Figure 34 : Relation taille/poids des civelles (FISH-PASS)	53
Figure 35 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon au marquage (FISH-PASS)	53
Figure 36 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (FISH-PASS)	54
Figure 37 : Marquage des civelles à l'alizarine (FISH-PASS)	55
Figure 38 : Civelles en cours de marquage (FISH-PASS)	56
Figure 39 : À gauche, otolithe présentant un marquage. À droite, otolithe ne présentant pas de marquage (FISH-PASS)	56
Figure 40 : Points de déversement complémentaire des civelles sur l'Erdre (en violet les points de déversement avec des civelles marquées et non marquées et en vert les points de déversement avec des civelles non marquées) (FISH-PASS)	58
Figure 41 : Déversement de civelles sur l'Erdre (FISH-PASS)	59
Figure 42 : Exemple de mesures des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)	60
Figure 43 : Aquarium utilisé dans le cadre des études de mortalité des civelles en laboratoire (FISH-PASS)	61
Figure 44 : Organisation des tests de mortalité en laboratoire (FISH-PASS)	62
Figure 45 : Préparation des enceintes avant immersion pour les tests in situ (FISH-PASS)	62
Figure 46 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)	63
Figure 47 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)	64
Figure 48 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)	65
Figure 49 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)	66
Figure 50: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) au marquage (FISH-PASS)	70
Figure 51 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=100) (FISH-PASS)	71
Figure 52: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) (FISH-PASS)	71
Figure 53 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=50) (FISH-PASS)	72
Figure 54 : Exemple de civelles en cours de reprise alimentaire (FISH-PASS)	74
Figure 55 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine issue de l'opération d'alevinage en 2014 (FISH-PASS)	77
Figure 56 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 6 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.	78
Figure 57 : Plan de localisation de la station 1 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	79
Figure 58 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2014)	79
Figure 59 : Plan de localisation de la station 2 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	80
Figure 60 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2014)	80
Figure 61 : Plan de localisation de la station 3 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	81
Figure 62 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2014)	81
Figure 63 : Plan de localisation de la station 4 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	82
Figure 64 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2014)	82
Figure 65 : Plan de localisation de la station 5 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	83
Figure 66 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2014)	83
Figure 67 : Plan de localisation de la station 6 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	84

- Table des figures -

Figure 68 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2014)	84
Figure 69 : Plan de localisation de la station 7 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	85
Figure 70 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2014)	85
Figure 71 : Plan de localisation de la station 8 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	86
Figure 72 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2014)	86
Figure 73 : Plan de localisation de la station 9 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	87
Figure 74 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2014)	87
Figure 75 : Plan de localisation de la station 10 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	88
Figure 76 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2014)	88
Figure 77 : Plan de localisation de la station 11 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	89
Figure 78 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2014)	89
Figure 79 : Plan de localisation de la station 12 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	90
Figure 80 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2014)	90
Figure 81 : Plan de localisation de la station 13 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	91
Figure 82 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2014)	91
Figure 83 : Plan de localisation de la station 14 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	92
Figure 84 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2014)	92
Figure 85 : Plan de localisation de la station 15 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	93
Figure 86 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2014)	93
Figure 87 : Plan de localisation de la station 16 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	94
Figure 88 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2014)	94
Figure 89 : Plan de localisation de la station 17 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	95
Figure 90 : Photo de la station 17 (FISH-PASS 2014)	95
Figure 91 : Plan de localisation de la station 18 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	96
Figure 92 : Photo de la station 18 (FISH-PASS 2014)	96
Figure 93 : Plan de localisation de la station 19 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	97
Figure 94 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2014)	97
Figure 95 : Plan de localisation de la station 20 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	98
Figure 96 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2014)	98
Figure 97 : Plan de localisation de la station 21 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	99
Figure 98 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2014)	99
Figure 99 : Plan de localisation de la station 22 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	100
Figure 100 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2014)	100
Figure 101 : Plan de localisation de la station 23 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	101
Figure 102 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2014)	101

- Table des figures -

Figure 103 : Plan de localisation de la station 24 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	102
Figure 104 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2014)	102
Figure 105 : Plan de localisation de la station 25 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)	103
Figure 106 : Photo de la station 25 (FISH-PASS 2014)	103
Figure 107 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Automne 2014, FISH-PASS)	105
Figure 108 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Automne 2014, FISH-PASS)	106
Figure 109 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=788) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).	107
Figure 110 : Schéma de synthèse de la première campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2014)	108
Figure 111 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=324) (Automne 2014, FISH-PASS)	109
Figure 112 : État pathologique des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Automne 2014, FISH-PASS)	110
Figure 113 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (N = le nombre de pathologies) (Automne 2014, FISH-PASS)	110
Figure 114 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 6 mois. (FISH-PASS)	111
Figure 115 : Exemple : otolithe d'un individu issu du repeuplement sur l'Erdre en 2014 présentant un marquage. (FISH-PASS)	112
Figure 116 : Schéma de synthèse de la première campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)	113
Figure 117 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés (n=53) lors du suivi à 6 mois (FISH-PASS)	114
Figure 118 : Analyse du parasitisme (présent ou passé) dans la vessie natatoire des individus conservés lors du suivi à 6 mois (FISH-PASS)	115
Figure 119 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine suite à une opération d'alevinage (FISH-PASS).	120
Figure 120 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 12 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.	121
Figure 121 : Plan de localisation de la station 1 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	122
Figure 122 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2015)	122
Figure 123 : Plan de localisation de la station 2 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	123
Figure 124 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2015)	123
Figure 125 : Plan de localisation de la station 3 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	124
Figure 126 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2015)	124
Figure 127 : Plan de localisation de la station 4 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	125
Figure 128 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2015)	125
Figure 129 : Plan de localisation de la station 5 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	126
Figure 130 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2015)	126
Figure 131 : Plan de localisation de la station 6 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	127

- Table des figures -

Figure 132 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2015)	127
Figure 133 : Plan de localisation de la station 7 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	128
Figure 134 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2015)	128
Figure 135 : Plan de localisation de la station 8 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	129
Figure 136 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2015)	129
Figure 137 : Plan de localisation de la station 9 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	130
Figure 138 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2015)	130
Figure 139 : Plan de localisation de la station 10 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	131
Figure 140 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2015)	131
Figure 141 : Plan de localisation de la station 11 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	132
Figure 142 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2015)	132
Figure 143 : Plan de localisation de la station 12 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	133
Figure 144 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2015)	133
Figure 145 : Plan de localisation de la station 13 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	134
Figure 146 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2015)	134
Figure 147 : Plan de localisation de la station 14 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	135
Figure 148 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2015)	135
Figure 149 : Plan de localisation de la station 15 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	136
Figure 150 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2015)	136
Figure 151 : Plan de localisation de la station 16 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	137
Figure 152 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2015)	137
Figure 153 : Plan de localisation de la station 17 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	138
Figure 154 : Photo de la station 17 (FISH-PASS 2015)	138
Figure 155 : Plan de localisation de la station 18 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	139
Figure 156 : Photo de la station 18 (FISH-PASS 2015)	139
Figure 157 : Plan de localisation de la station 19 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	140
Figure 158 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2015)	140
Figure 159 : Plan de localisation de la station 20 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	141
Figure 160 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2015)	141
Figure 161 : Plan de localisation de la station 21 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	142
Figure 162 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2015)	142
Figure 163 : Plan de localisation de la station 22 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	143
Figure 164 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2015)	143
Figure 165 : Plan de localisation de la station 23 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	144
Figure 166 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2015)	144

- Table des figures -

Figure 167 : Plan de localisation de la station 24 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	145
Figure 168 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2015)	145
Figure 169 : Plan de localisation de la station 25 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).	146
Figure 170 : Photo de la station 25 (FISH-PASS 2015)	146
Figure 171 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2015, FISH-PASS)	148
Figure 172 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2015, FISH-PASS)	149
Figure 173 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=547) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).	150
Figure 174 : Schéma de synthèse de la deuxième campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2015)	151
Figure 175 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=382) (Printemps 2015, FISH-PASS)	152
Figure 176 : État sanitaire des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Printemps 2015, FISH-PASS)	153
Figure 177 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (Nobs = le nombre de pathologies observées) (Printemps 2015, FISH-PASS)	153
Figure 178 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 1 an. (FISH-PASS)	154
Figure 179 : Otolithe d'un individu issu du repeuplement sur la l'Erdre en 2014 et présentant un marquage à l'alizarine. (FISH-PASS)	155
Figure 180 : Schéma de synthèse de la deuxième campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)	156
Figure 181 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés (n=55) lors du suivi à 1 an (FISH-PASS)	158
Figure 182 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine suite à une opération d'alevinage (FISH-PASS).	162
Figure 183 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 36 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.	163
Figure 184 : Plan de localisation de la station 1 (entourée en rouge, Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	164
Figure 185 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2017)	164
Figure 186 : Plan de localisation de la station 2 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	165
Figure 187 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2017)	165
Figure 188 : Plan de localisation de la station 3 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	166
Figure 189 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2017)	166
Figure 190 : Plan de localisation de la station 4 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	167
Figure 191 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2017)	167
Figure 192 : Plan de localisation de la station 5 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	168
Figure 193 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2017)	168
Figure 194 : Plan de localisation de la station 6 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	169
Figure 195 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2017)	169
Figure 196 : Plan de localisation de la station 7 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	170

- Table des figures -

Figure 197 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2017)	170
Figure 198 : Plan de localisation de la station 8 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	171
Figure 199 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2017)	171
Figure 200 : Plan de localisation de la station 9 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	172
Figure 201 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2017)	172
Figure 202 : Plan de localisation de la station 10 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	173
Figure 203 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2017)	173
Figure 204 : Plan de localisation de la station 11 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	174
Figure 205 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2017)	174
Figure 206 : Plan de localisation de la station 12 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	175
Figure 207 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2017)	175
Figure 208 : Plan de localisation de la station 13 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	176
Figure 209 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2017)	176
Figure 210 : Plan de localisation de la station 14 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	177
Figure 211 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2017)	177
Figure 212 : Plan de localisation de la station 15 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	178
Figure 213 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2017)	178
Figure 214 : Plan de localisation de la station 16 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	179
Figure 215 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2017)	179
Figure 216 : Plan de localisation de la station 17 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	180
Figure 217 : Photo de la station 17 (FISH-PASS 2017)	180
Figure 218 : Plan de localisation de la station 18 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	181
Figure 219 : Photo de la station 18 (FISH-PASS 2017)	181
Figure 220 : Plan de localisation de la station 19 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	182
Figure 221 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2017)	182
Figure 222 : Plan de localisation de la station 20 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	183
Figure 223 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2017)	183
Figure 224 : Plan de localisation de la station 21 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	184
Figure 225 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2017)	184
Figure 226 : Plan de localisation de la station 22 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	185
Figure 227 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2017)	185
Figure 228 : Plan de localisation de la station 23 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	186
Figure 229 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2017)	186
Figure 230 : Plan de localisation de la station 24 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	187
Figure 231 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2017)	187

- Table des figures -

Figure 232 : Plan de localisation de la station 25 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).	188
Figure 233 : Photo de la station 25 (FISH-PASS 2017)	188
Figure 234 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2017, FISH-PASS)	190
Figure 235 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2017, FISH-PASS)	191
Figure 236 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=551) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).	192
Figure 237 : Schéma de synthèse de la troisième campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2017)	193
Figure 238 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=394) (Printemps 2017, FISH-PASS)	194
Figure 239 : État sanitaire des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Printemps 2017, FISH-PASS)	195
Figure 240 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (Nobs = le nombre de pathologies observées) (Printemps 2017, FISH-PASS)	195
Figure 241 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 3 ans. (FISH-PASS)	196
Figure 242 : Otolithe d'un individu issu du repeuplement sur la l'Erdre en 2014 et présentant un marquage à l'alizarine. (FISH-PASS)	197
Figure 243 : Schéma de synthèse de la troisième campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)	198
Figure 244 : Comparaison des structures des classes de tailles des individus capturés en pêche électrique à 36 mois (entre 160 et 310 mm) (FISH-PASS)	199
Figure 244 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés (n=52) lors du suivi à 3 ans (FISH-PASS)	200

Table des tableaux

Tableau 1 : Calendrier des interventions de FISH-PASS (réalisées et futures)	21
Tableau 2 : Typologie des civelles présentant des lésions cutanées (FISH-PASS)	26
Tableau 3 : Localisation GPS des points de déversement avec les quantités déversées (FISH-PASS)	33
Tableau 4 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)	35
Tableau 5 : Typologie des civelles présentant des lésions cutanées (FISH-PASS)	51
Tableau 6 : Localisation GPS des points de déversement avec les quantités déversées (FISH-PASS)	59
Tableau 7 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)	60
Tableau 8: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche de l'automne 2014 (FISH-PASS)	105
Tableau 9 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)	107
Tableau 10 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS)	112
Tableau 11 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1 ^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).	114
Tableau 12: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche du printemps 2015 (FISH-PASS)	148
Tableau 13 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)	150
Tableau 14 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS) :	155
Tableau 15 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1 ^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).	157
Tableau 16: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche du printemps 2017 (FISH-PASS)	190
Tableau 17 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)	192
Tableau 18 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS) :	197
Tableau 19 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1 ^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).	200

1 Contexte

1.1 Contexte biologique

Longtemps considérée comme une espèce nuisible, l'anguille est aujourd'hui une espèce menacée en dehors de ses limites biologiques. Depuis les années 70, la population d'Anguilles européennes, *Anguilla anguilla*, est en nette régression. Des travaux récents montrent une forte chute des indices d'abondance de civelles, divisés par plus de 10 à 100 en 30 ans (Figure 1).

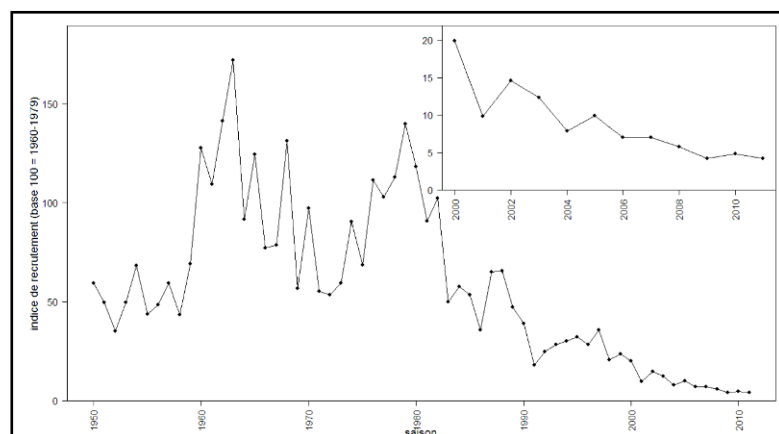


Figure 1 : Évolution de l'indice de recrutement de civelles en Europe (WGEEL 2011)

1.2 Contexte réglementaire

Des mesures de gestion sont donc mises en place pour diminuer les mortalités d'origine anthropique et permettre une amélioration de l'état du stock (Adam *et al.*, 2008). L'Union Européenne a ainsi institué, par l'intermédiaire du **Règlement Européen n°1100 du 18 septembre 2007**, des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Par ce règlement, elle demande, à chaque pays membre, de mettre au point un plan de gestion national. Le plan de gestion de l'anguille en France a été accepté par la Commission européenne le 15 février 2010. Celui-ci, conformément à l'article 7 du règlement (CE) n° 1100/2007, prévoit la mise en place d'un programme de repeuplement. Les autorités françaises ont demandé aux experts du GRISAM (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Poissons Amphihalins) un encadrement scientifique et technique pour la mise en place d'un tel programme.

1.3 Mise en place de l'opération de repeuplement

La mise en place des projets de repeuplement prend la forme, en France, d'appels à projets pour lesquels des porteurs de projets doivent se déclarer et fournir une méthodologie. Celle-ci fait l'objet d'une analyse afin de vérifier le respect de la conformité du protocole proposé avec les exigences demandées dans ce même appel à projets (Annexe 3).

1.4 Unité de Gestion Anguille concernée (UGA)

L'Unité de Gestion Anguille concernée par ce projet est l'UGA Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise. Ce projet a été proposé et accepté pour cette année 2014 (Figure 2).

1.5 Porteurs de projet

Le porteur de projet pour le 1^{er} repeuplement est l'Association Départementale Agréée de Pêcheurs Amateurs aux Engins et aux Filets sur les Eaux du Domaine Public de Protection de la Nature et du Milieu Aquatique de Loire-Atlantique (ADAPAEF 44), avec le soutien de l'association ARA France (Association Repeuplement Anguille France).

Pour le second repeuplement, le porteur de projet est l'Association Agréée Départementale des Pêcheurs Professionnels Maritimes et Fluviaux en Eau Douce de Loire-Atlantique (AADPPMFEDLA) avec le soutien de l'association ARA France (Association Repeuplement Anguille France).

- Contexte -

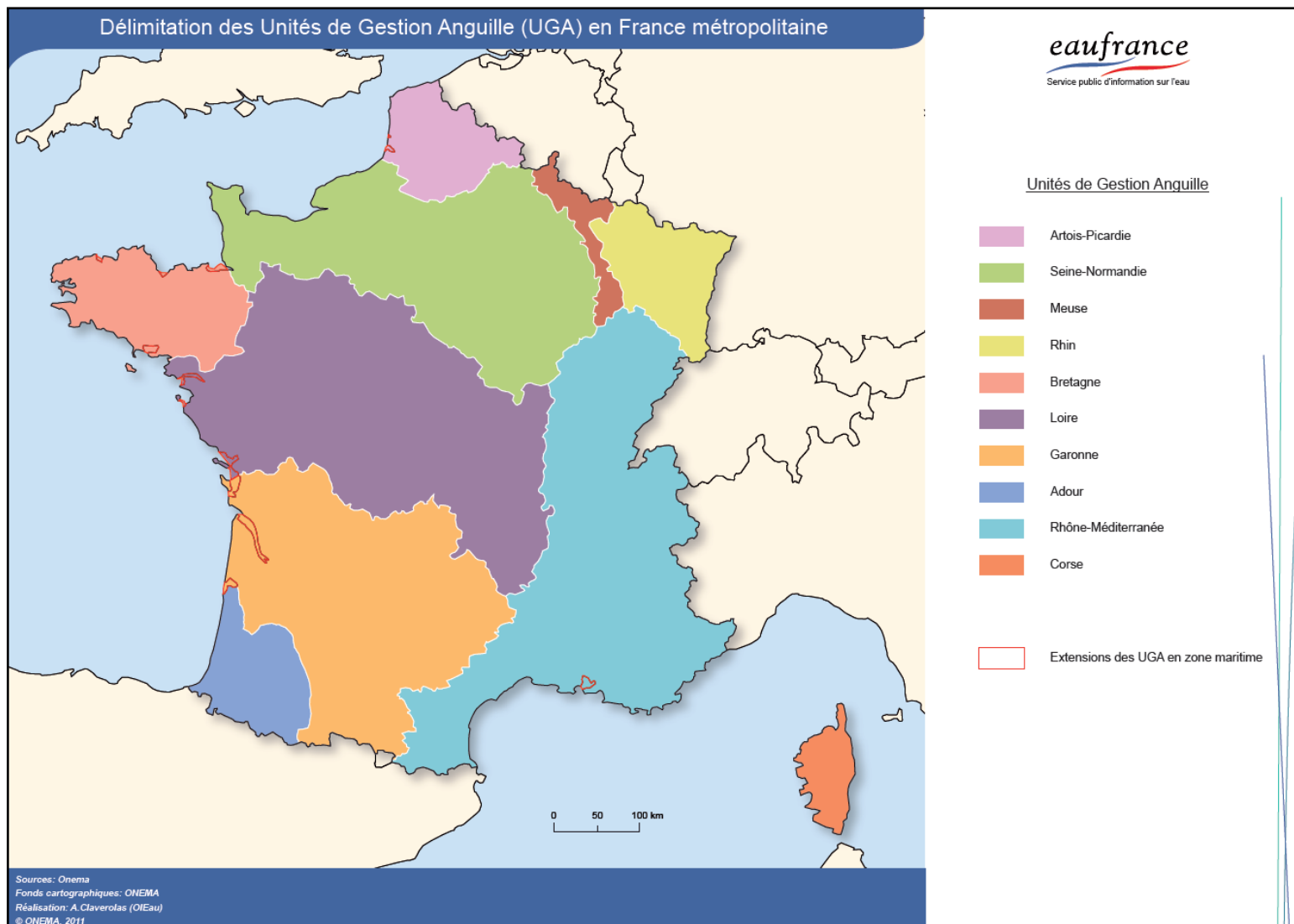


Figure 2 : Carte de délimitation des UGA France (ONEMA)

2 Données préliminaires

2.1 Projet initial

2.1.1 Provenance des civelles et méthode de pêche

Les civelles proviennent de la pêche civelière professionnelle maritime et fluviale réalisée durant la campagne 2013-2014 sur la Loire.

2.1.2 Date de capture des civelles destinées au repeuplement

Les civelles destinées à cette opération de repeuplement ont été capturées entre le 24/02 et le 07/03 avec un complément marginal entre le 21/03 et le 24/03.

2.1.3 Quantité de civelles allouées pour l'opération de repeuplement

Lors de la présentation du projet, la quantité de civelles pouvant être déversée était de 350 kg, soit 100 % du quota de repeuplement alloué à ce cours d'eau. La totalité de la quantité prévue a été déversée.

350 kg de civelles déversés.

2.1.4 Lieu et méthode de stockage des civelles (mareyage)

Les civelles ont été stockées en viviers au sein des locaux de la société de mareyage SeasanEels, sur le site de Trignac (44) pour une quantité de 350 kg. Le lot de civelles destiné au repeuplement a été isolé dans des bassins par le mareyeur afin de ne pas mélanger les provenances et de permettre la réalisation de tests sanitaires par un laboratoire agréé.

Les résultats des tests sanitaires sont en possession de l'ADAPAEF de Loire-Atlantique.

2.1.5 Méthode de conditionnement et de transport des civelles

Après stockage, le jour du repeuplement (et du transport vers le site de repeuplement), les civelles sont refroidies pour être conditionnées dans des caisses en polystyrène prévues à cet effet, enrichies en oxygène (Figure 3).



Figure 3 : Conditionnement des civelles pour le transport (type caisse polystyrène) (B. Sacier, ONEMA)

Dans chaque caisse ont été placés 3 kg de civelles, dans 3 louches d'eau pour un total de 350 kg. Les civelles ont ensuite été transportées en camion réfrigéré jusqu'au site d'alevinage.

2.1.6 Date de déversement

Les civelles ont été déversées le 26/03/2014.

2.2 Projet complémentaire

2.2.1 Provenance des civelles et méthode de pêche

Les civelles proviennent de la pêche civelière professionnelle maritime et fluviale réalisée durant la campagne 2013-2014 sur la Loire.

2.2.2 Date de capture des civelles destinées au repeuplement

**Les civelles destinées à cette opération de repeuplement ont été capturées du :
11/04 au 17/04 et le 21/04 pour SeasanEels,
20/03 au 22/04 pour France civelle.**

2.2.3 Quantité de civelles allouées pour l'opération de repeuplement

Lors de la présentation du projet, la quantité de civelles pouvant être déversée était de 575 kg soit 100 % du quota de repeuplement alloué à ce cours d'eau. La commande de départ effectuée chez France civelles de 500 kg est passée à 400 kg, due au contexte de la pêche difficile au moment de la collecte.

474.75 kg de civelles déversés.

2.2.4 Lieu et méthode de stockage des civelles (mareyage)

Les civelles ont été stockées en viviers au sein des locaux de la société de mareyage Foucher-Maury, sur le site de Paimboeuf (44) (lot 1) pour une quantité de 400 kg et au sein des locaux de SeasanEels à Trignac (44) pour une quantité de 74.75 kg. Les lots de civelles destinés au repeuplement ont été isolés dans des bassins par le mareyeur afin de ne pas mélanger les provenances et de permettre la réalisation de tests sanitaires par un laboratoire agréé.

Les résultats des tests sanitaires sont en possession de l'AADPPMFEDLA de Loire-Atlantique.

2.2.5 Méthode de conditionnement et de transport des civelles

Après stockage, le jour du repeuplement (et du transport vers le site de repeuplement), les civelles sont refroidies pour être conditionnées dans des caisses en polystyrène prévues à cet effet, enrichies en oxygène (Figure 4).



Figure 4 : Conditionnement des civelles pour le transport (type caisse polystyrène) (B. Sacier, ONEMA)

Dans chaque caisse ont été placés 3 kg ou 5 kg de civelles, dans 3 louches d'eau. Les civelles ont ensuite été transportées en camion réfrigéré jusqu'au site d'alevinage.

2.2.6 Date de déversement

Les civelles ont été déversées le 24/04/2014.

2.3 Calendrier récapitulatif des interventions

Tableau 1 : Calendrier des interventions de FISH-PASS (réalisées et futures)

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2014		Repeuplement	Repeuplement	Repeuplement	Autorisations de pêche scientifique et des propriétaires riverains				Suivi à 6 mois			Rapport
2015				Suivi à 12 mois			Rapport					
2016												
2017				Suivi à 3 ans			Rapport					

3 *Projet initial*

3.1 Caractéristiques et qualité des civelles

3.1.1 Méthodologie

3.1.1.1 *Poids individuel moyen des civelles*

Trois échantillons aléatoires de 50 civelles (soit 150 individus) ont été pesés pour caractériser le poids individuel moyen des civelles.

$$\text{Poids Individuel Moyen (PIM)} = (P_{\text{ech 1}} + P_{\text{ech 2}} + P_{\text{ech 3}}) / 150.$$

3.1.1.2 *Évaluation de l'état sanitaire externe*

La qualité des alevins a été déterminée selon la méthode mise au point par Briand *et al.* (2008) sur la Vilaine. Un lot de 50 civelles est placé dans une solution de carmin indigo de concentration 0,5 g/l pendant 30 min. Cette baignade permet de mettre en évidence les zones d'érosions cutanées sur les civelles. Deux types de blessures sont distingués : les blessures caudales et les blessures corporelles (dos et ventre). Une méthode de scoring (0, 1, 2) basée sur l'intensité de la coloration est utilisée pour les deux types de blessures afin de rendre compte de leur gravité (Figure 5 et Figure 6) :

Intensité : 0 → pas de lésion 1 → blessure faible 2 → blessures importantes

D'après Briand *et al.* (2008), le taux de survie pour les individus présentant des blessures importantes sur le corps est de 0,05 % et de 25 % pour les individus présentant des blessures sur la queue (faibles ou importantes).



Figure 5 : De haut en bas, a) individu sain, b) lésions corporelles importantes, c) lésions caudales et corporelles faibles, d) lésions caudales importantes (Source : FISH-PASS)



Figure 6 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage sur l'Erdre en 2014 (FISH-PASS)

3.1.1.3 Condition des civelles (taille-poids)

Un échantillon de 50 civelles a été prélevé aléatoirement. Chacune des civelles a été mesurée au mm et pesée au mg. Ces deux mesures ont permis de calculer leur coefficient de condition (Formule de Fulton).

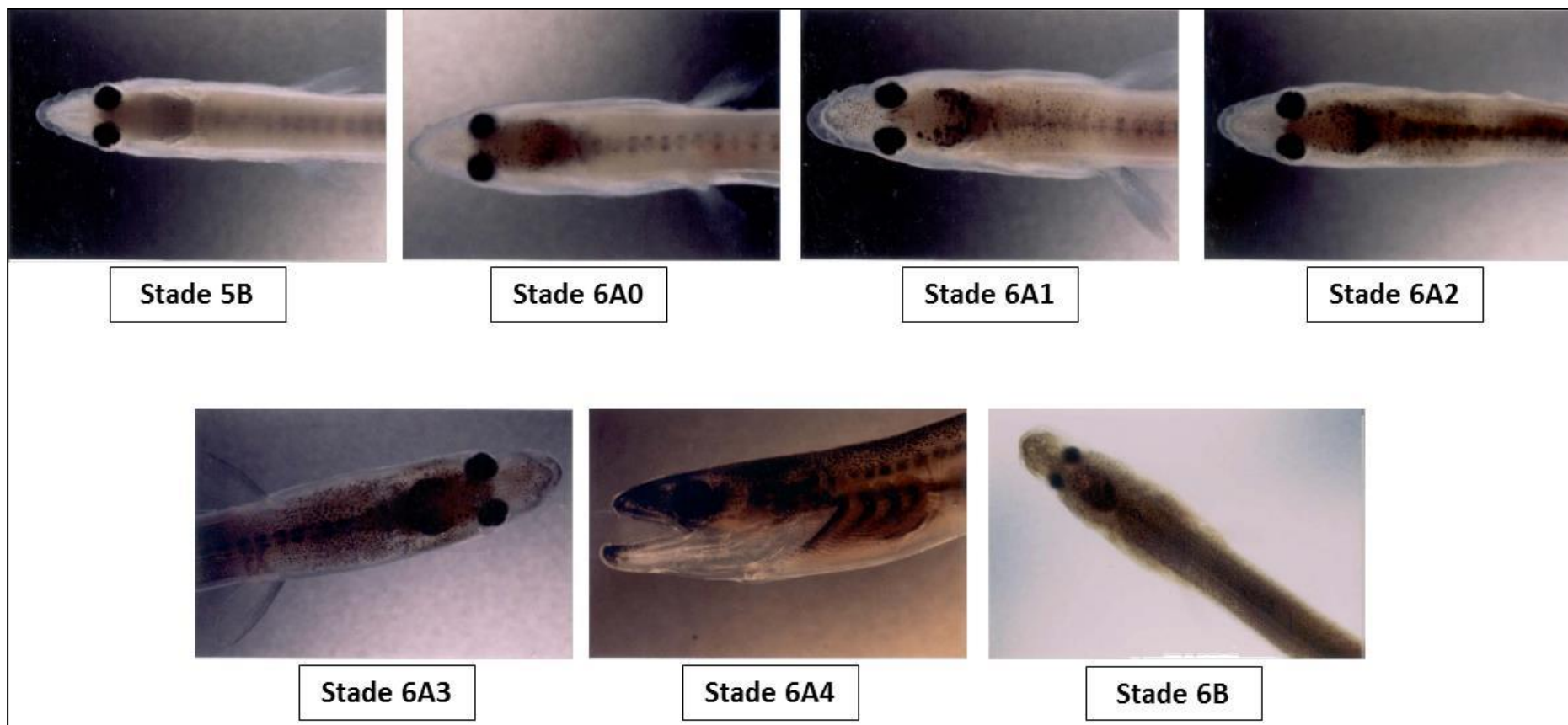
3.1.1.4 Stade pigmentaire des civelles

Le stade pigmentaire de chaque individu a été déterminé (échantillon de 50 civelles) sous loupe binoculaire selon la méthode d'Elie *et al.*, 1982 (Figure 7 et Figure 8).



Figure 7 : Détermination du stade pigmentaire à la loupe binoculaire (FISH-PASS)

Figure 8 : Stades pigmentaires de la civelle *Anguilla anguilla* dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine (GRELLIER *et al.*, 1991).



3.1.2 Résultats

3.1.2.1 Poids individuel moyen

Le poids individuel moyen des civelles (N=150) est de :

Sur le lot 1 : 0.31 gr (N=50)

Sur le lot 2 : 0.31 gr (N=50)

Sur le lot 3 : 0.30 gr (N=50)

Le poids moyen est donc de 0.31 gr, soit une quantité de civelles déversées avoisinant les 1 135 000 individus (350 kg).

3.1.2.2 État sanitaire externe

Tableau 2 : Typologie des civelles présentant des lésions cutanées (FISH-PASS)

CODES LESIONS			
Corps Queue	Pas de lésions	Faible intensité	Forte intensité
Pas de lésions	0-0*	1-0	2-0
Faible intensité	0-1	1-1	2-1
Forte intensité	0-2	1-2	2-2
*(le chiffre de gauche traduit les lésions de la queue)			

La qualité des civelles est très bonne. Sur les 50 individus examinés, aucun ne présente de traces d'érosion cutanée. (Tableau 2 et Figure 9).

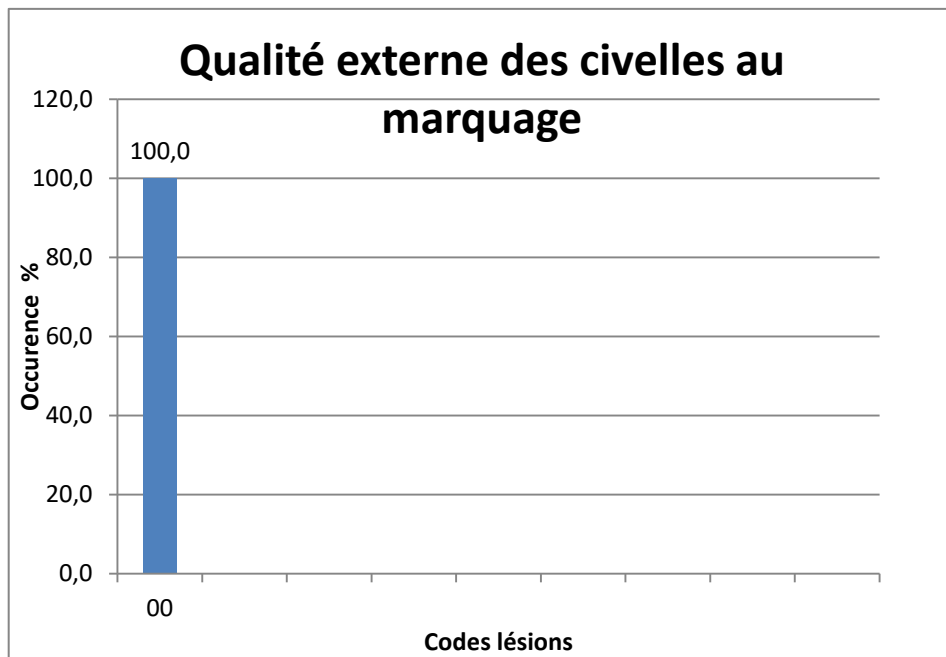


Figure 9 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)

3.1.2.3 Condition des civelles (taille-poids)

La taille moyenne des civelles de notre échantillon (N=50) est de 69.30 mm (écart-type=3.45) et le poids moyen égoutté est de 0.25 g (écart-type=0.05).

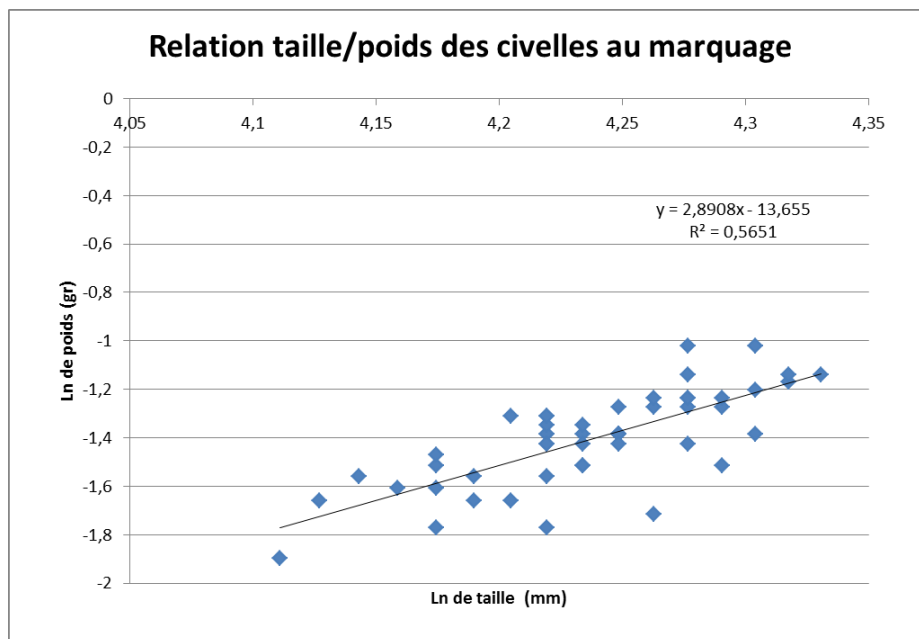


Figure 10 : Graphe de la relation taille-poids des civelles au marquage (FISH-PASS)

3.1.2.4 Stades pigmentaires

Les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (52 %) et 6A3 (36 %) (Figure 11).

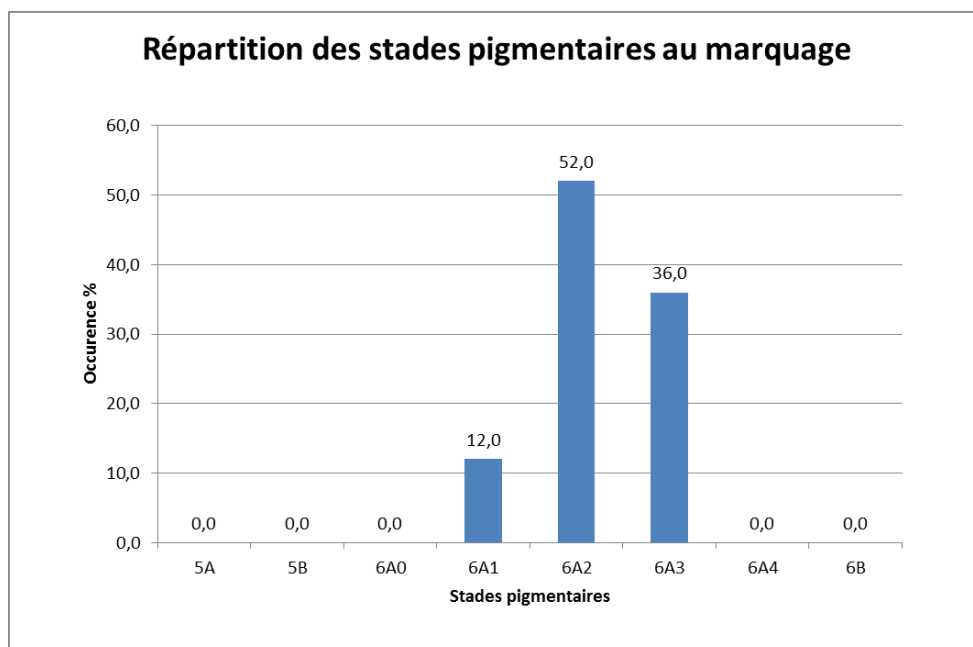


Figure 11 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon au marquage (FISH-PASS)

3.2 Marquage des individus

3.2.1 Principe

L'utilisation de colorants vitaux (alizarine, calcéine, tetracycline...) a été largement développée pour marquer des anguilles au stade civelle (Acou, 2006; Charrier *et al.*, 2010; Feunteun *et al.*, 2000b; Simon & Dorner, 2005; Simon *et al.*, 2009; Verreault *et al.*, 2009; Verreault *et al.*, 2010). Leur utilisation est relativement aisée et la tenue du marquage est longue (plusieurs années, durée de vie de l'individu) par rapport à d'autres techniques disponibles (Nielsen, 1992). Elles n'entraînent pas ou peu de mortalité (Alcobendas *et al.*, 1991; Simon & Dorner, 2005). Certains colorants peuvent néanmoins entraîner une modification significative de la croissance (Mounaix *et al.*, 2000).

3.2.2 Méthodologie

Le marquage de masse des civelles a été réalisé dans des bacs contenant 40 L d'une solution d'Alizarine Red S (ARS) à 150 mg/L. Dans chaque bac 4 kg de civelles ont été plongés pour une balnéation d'une durée de 3h. Pendant toute la durée de balnéation la température de l'eau a été suivie et le taux d'oxygène maintenu entre 210 et 350 % de saturation.



Figure 12 : Marquage des civelles à l'alizarine (FISH-PASS)



Figure 13 : Civelles en cours de marquage (FISH-PASS)

3.2.3 Quantité de civelles marquées

30 % des civelles destinées au repeuplement sur l'Erdre ont été marquées, soit 105 kg de civelles.

3.2.4 Exemples de résultats

Les otolithes de chacun des individus recapturés sont prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix B (1992). Ils sont ensuite analysés au microscope à épifluorescence afin de rechercher la présence du marqueur.

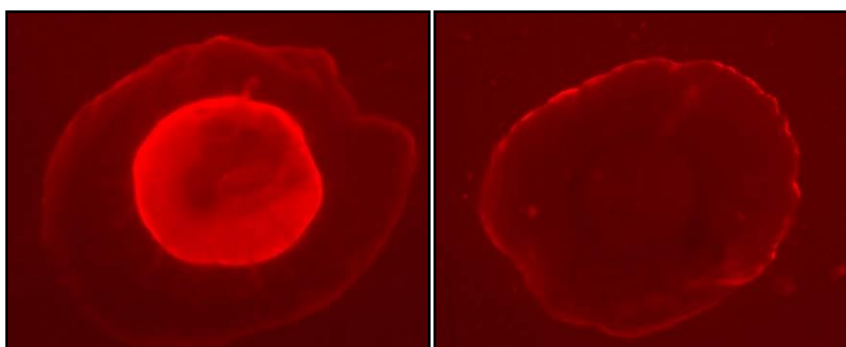


Figure 14 : À gauche, otolithe présentant un marquage. À droite, otolithe ne présentant pas de marquage (FISH-PASS)

3.3 Alevinage

L'opération d'alevinage s'est déroulée le 26 mars 2014 en présence de l'ONEMA, des pêcheurs amateurs et du mareyeur.

3.3.1 Stratégie d'alevinage

Sur l'Erdre, au droit du secteur de déversement, la quantité maximale de déversement a été calculée par le porteur de projet pour répondre aux préconisations de l'annexe 3 de l'appel à projet et en respect des recommandations de la grille MNHN/ONEMA pour les sites validés en COGEPOMI (Figure 15).

3.3.2 Méthodologie

3.3.2.1 *Localisation des zones de déversement (alevinage 2014)*

La Figure 15 présente les points de déversement sur l'Erdre.

- Projet initial -

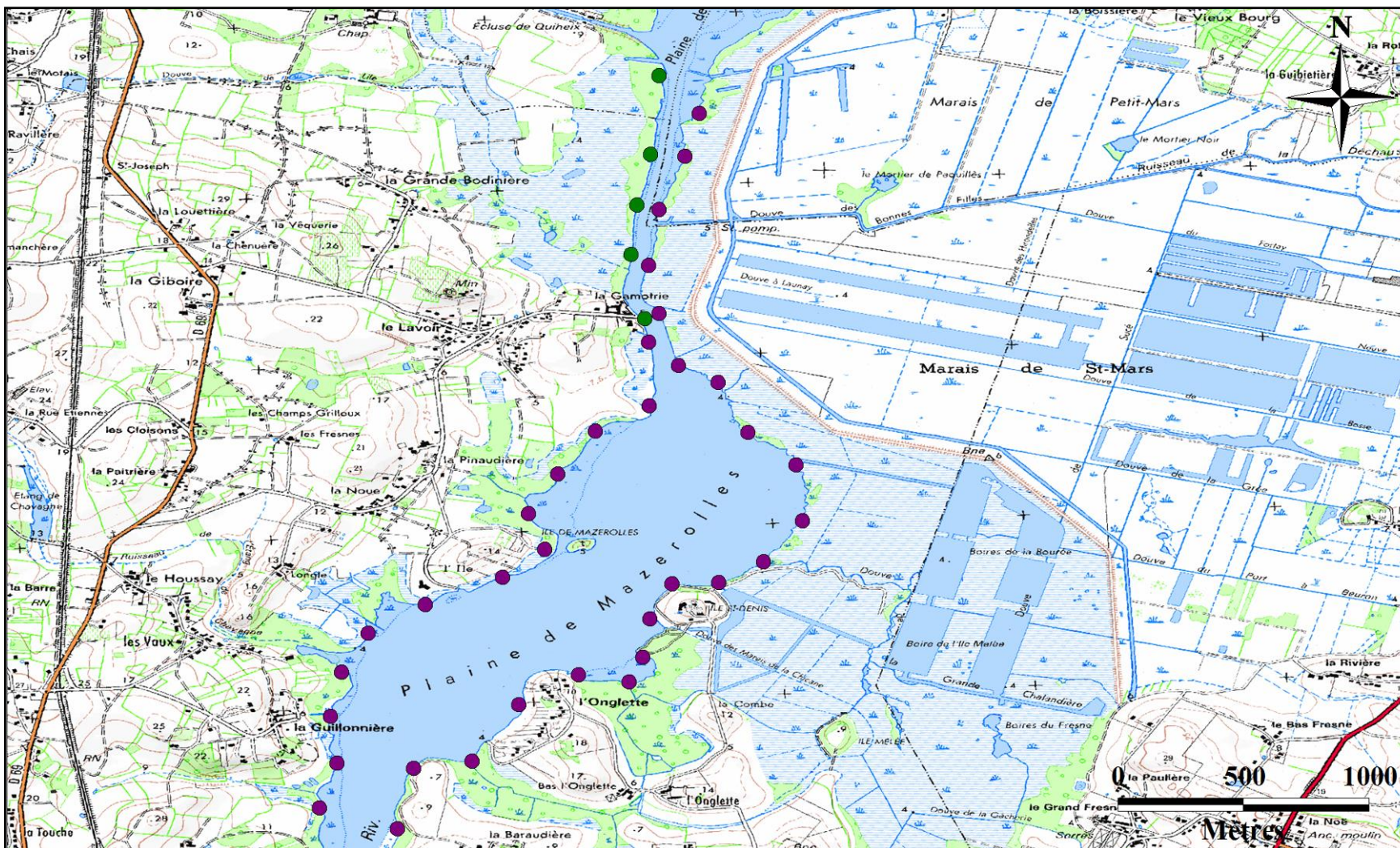


Figure 15 : Points de déversement des civelles sur l'Erdre (en violet les points de déversement avec des civelles marquées et non marquées et en vert les points de déversement avec des civelles non marquées) (FISH-PASS)

3.3.2.2 Quantités de civelles déversées par point

À chaque point, 9 à 9.52 kg de civelles ont été déversés (

Tableau 3).

Tableau 3 : Localisation GPS des points de déversement avec les quantités déversées (FISH-PASS)

N° point déversement	Longitude (WGS 84)	Latitude (WGS 84)	Quantité déversée NM (Kg)	Quantité déversée M (Kg)	Habitat	Substrat	O2 dissous (mg/l)	SAT O2 (%)	pH	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (NTU)	T° milieu récepteur (°C)	T° caisse (°C)
1	-1,497818000	47,375882000	6	3	ripisylve	argile	12,3	110	7,49	314	6,28	10,8	10,8
2	-1,497793000	47,372528000	6	3	ripisylve	argile	12,5	112	7,51	301	5,94	11,0	11,0
3	-1,500627000	47,371167000	6	3	ripisylve	argile	13,1	119	7,55	287	3,41	11,2	11,2
4	-1,502635000	47,368912000	6	3	ripisylve	argile	13,5	123	7,54	285	4,96	11,4	11,4
5	-1,504152000	47,366837000	6	3	ripisylve	argile	13,1	117	7,63	282	11,57	11,3	11,3
6	-1,503308000	47,364927000	6	3	hélophytes	gravier	13,8	127	7,64	278	3,99	11,7	11,7
7	-1,505537000	47,363470000	6	3	ripisylve	argile	14,3	132	7,71	280	4,51	11,9	11,9
8	-1,509595000	47,362048000	6	3	hélophytes	argile	14,1	129	7,65	280	6,56	11,5	11,5
9	-1,512618000	47,360537000	6	3	hélophytes	hydrophytes	13,7	127	7,62	277	27,85	12,0	12,0
10	-1,514012000	47,358457000	6	3	ripisylve	argile	13,7	125	7,55	279	10,77	11,5	11,5
11	-1,514600000	47,356157000	6	3	ripisylve	argile	13,5	124	7,54	283	24,50	11,7	11,7
12	-1,514250000	47,353687000	6	3	ripisylve	argile	12,3	112	7,62	282	10,08	11,7	11,7
13	-1,515203000	47,351328000	6	3	ripisylve	argile	13,3	122	7,46	281	15,39	11,7	11,7
14	-1,511068000	47,350233000	6	3	racines	argile	13,6	125	7,63	286	6,44	11,6	11,6
15	-1,510223000	47,353412000	6	3	ripisylve	argile	13,3	121	7,52	281	19,26	11,7	11,7
16	-1,507138000	47,353775000	6	3	racines	argile	13,5	124	7,32	277	17,12	0,0	0,0
17	-1,504693000	47,356748000	6	3	hélophytes	argile	13,8	127	7,58	292	6,48	11,8	11,8
18	-1,501528000	47,358352000	6	3	hélophytes	argile	12,0	116	7,44	293	27,68	11,8	11,8
19	-1,498860000	47,357962000	6	3	hélophytes	argile	13,3	122	7,52	295	20,89	11,6	11,6
20	-1,498145000	47,359248000	6	3	ripisylve	blocs	13,7	126	7,61	294	12,42	11,5	11,5
21	-1,497752000	47,361295000	6	3	ripisylve	blocs	10,5	96	7,2	240	3,95	11,0	11,0
22	-1,496588000	47,363143000	6	3	ripisylve	blocs	13,7	124	7,59	298	10,8	11,3	11,3
23	-1,494147000	47,363193000	6	3	hélophytes	argile	13,5	122	7,55	302	11,39	11,2	11,2
24	-1,491778000	47,364303000	6	3	hélophytes	argile	13,2	119	7,54	297	9,17	11,1	11,1
25	-1,489728000	47,366450000	6	3	hélophytes	argile	13,6	124	7,58	301	9,88	11,2	11,2
26	-1,490060000	47,369397000	6	3	racines	argile	12,7	116	7,49	269	3,86	11,4	11,4
27	-1,492605000	47,371120000	6	3	hélophytes	argile	13,5	123	7,52	298	2,57	11,3	11,3
28	-1,494165000	47,373728000	6	3	racines	vase	13,5	123	7,56	298	4,4	11,2	11,2
29	-1,496255000	47,374642000	6	3	racines	argile	12,7	115	7,64	297	6,88	11,0	11,0
30	-1,497283000	47,377372000	6	3	hélophytes	argile	12,9	117	7,49	322	5,98	11,0	11,0
31	-1,497813000	47,379920000	6	3	hélophytes	argile	12,7	116	7,46	322	14,18	11,5	11,5
32	-1,497285000	47,382865000	6	3	hélophytes	argile	13,1	119	7,51	324	14,73	11,1	11,1
33	-1,495895000	47,385645000	6	3,52	hélophytes	argile	13,1	119	7,5	322	12,55	11,1	11,1
34	-1,495155000	47,387920000	6	3	hélophytes	argile	12,9	117	7,5	327	17,55	11,0	11,0
35	-1,497293000	47,389910000	9	0	hélophytes	argile	12,6	115	7,47	312	9,52	11,3	11,3
36	-1,497737000	47,385773000	9	0	hélophytes	argile	12,2	111	7,43	318	14,26	11,0	11,0
37	-1,498442000	47,383082000	9	0	hélophytes	argile	12,7	115	7,5	314	5,3	11,3	11,3
38	-1,498767000	47,380478000	9	0	hélophytes	argile	11,5	104	7,38	305	6,36	11,2	11,2
39	-1,498047000	47,377115000	9	0	hélophytes	cailloux	12,9	116	7,59	326	9,97	10,8	10,8

3.3.2.3 Mode de déversement

L'alevinage a été effectué en bateau.



Figure 16 : Déversement de civelles sur l'Erdre (FISH-PASS)

3.3.2.4 Paramètres environnementaux

Au moment de l'alevinage la température moyenne dans les caisses était de 10.2°C.

À chaque point d'alevinage, les coordonnées géographiques et les conditions physico-chimiques (T° , O_2 , turbidité, pH, conductivité) ont été relevées (Figure 17 et Tableau 4).



Figure 17 : Exemple de mesures des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)

3.3.4 Résultats

3.3.4.1 Paramètres environnementaux

La synthèse des 39 mesures physico-chimiques montre une qualité d'eau assez homogène sur l'ensemble du linéaire aleviné. La concentration en oxygène était bonne (13.07 mg/L, saturation aux alentours de 119.26 % en fonction du lieu et du moment de la journée). La température de l'eau était de 11.4 °C en moyenne.

Le détail des données physico-chimiques est disponible en annexe.

Tableau 4 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)

	O2 dissous (mg/l)	SAT O2 (%)	pH	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (NTU)	T° milieu récepteur (°C)	T° caisse (°C)
Moyenne	13,07	119,26	7,53	295,36	10,75	11,4	10,2
Ecart-type	0,73	6,98	0,10	18,69	6,61	0,31	0,28

3.3.5 Discussion

La différence entre la température du milieu récepteur (11.4°C en moyenne) et la température dans les caisses (10.2°C en moyenne) au moment de l'alevinage était de 1.2°C.

Il n'y a donc eu aucun problème d'acclimatation thermique des civelles.

3.4 Étude de la mortalité à 15 jours

3.4.1 Méthodologie

3.4.1.1 Étude de la mortalité en laboratoire

Pour évaluer la mortalité des individus en laboratoire à 15 jours, deux fois trois lots de 50 individus chacun (N=300) ont été placés en aquarium (des changements d'eau sont réalisés tous les 2 à 3 jours). Aucun nourrissage n'a été effectué pendant les 15 jours. La réalisation de cette expérimentation en laboratoire permet de suivre jour par jour la mortalité des civelles.



Figure 18 : Aquarium utilisé dans le cadre des études de mortalité des civelles en laboratoire (FISH-PASS)

Des mesures de prophylaxie ont été mises en place au laboratoire :

- Utilisation d'une seule épuisette par aquarium,
- Utilisation d'une seule bassine par aquarium lors des changements d'eau,
- Désinfection de tout le matériel à la javel,
- Désinfection du personnel (mains) entre chaque bac au gel hydro-alcoolique,
- Un tuyau attitré à chaque aquarium pour l'aération.



Figure 19 : Organisation des tests de mortalité en laboratoire (FISH-PASS)

3.4.1.2 Étude de la mortalité *in situ*

Afin de pouvoir comparer les tests en laboratoire et *in situ*, deux fois trois lots de 50 individus chacun ($N=300$) (un triplicata d'individus marqués et un triplicata d'individus non marqués) ont été placés dans des enceintes en filet (maillage : $1300\mu\text{m}$) sur les sites et ont été relevés 15 jours après.



Figure 20 : Préparation des enceintes avant immersion pour les tests *in situ* (FISH-PASS)

3.4.2 Résultats

3.4.2.1 Mortalité en laboratoire

Lot A : (à 15 jours, marquées) 8 %

Lot B : (à 15 jours, marquées) 2 %

Lot C : (à 15 jours, marquées) 2 %

Lot D : (à 15 jours, non marquées) 4 %

Lot E : (à 15 jours, non marquées) 0 %

Lot F : (à 15 jours, non marquées) 4 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 15 jours (Figure 21) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus marqués de 4 % (écart type : 3.46).

Le suivi de la mortalité réalisé sur 15 jours (Figure 21) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 2.67 % (écart type : 2.31).

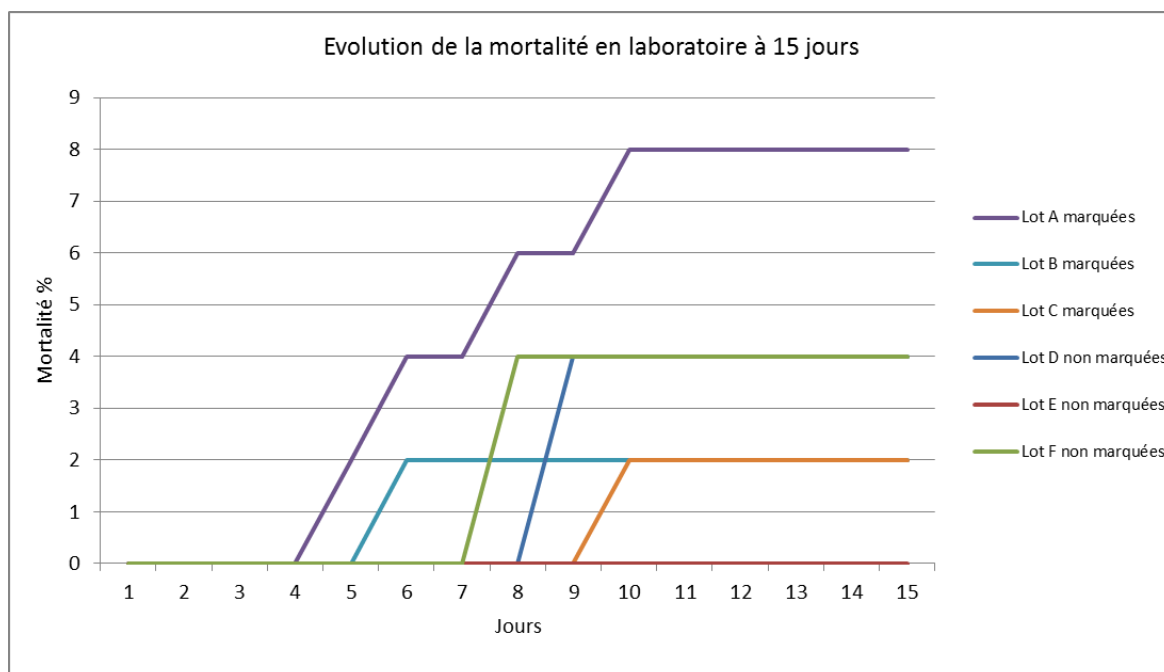


Figure 21 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)

Afin de voir si la mortalité se stabilise dans le temps nous avons prolongé le test au-delà des préconisations du protocole et ainsi nous avons suivi de la même manière ces tests jusqu'à 30 jours.

Lot A : (à 30 jours, marquées) 12 %

Lot B : (à 30 jours, marquées) 2 %

Lot C : (à 30 jours, marquées) 6 %

Lot D : (à 30 jours, non marquées) 14 %

Lot E : (à 30 jours, non marquées) 6 %

Lot F : (à 30 jours, non marquées) 10 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 30 jours (Figure 22) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 6.67 % (écart type : 5.03).

Le suivi de la mortalité réalisé sur 30 jours (Figure 22) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus marqués de 10 % (écart type : 4).

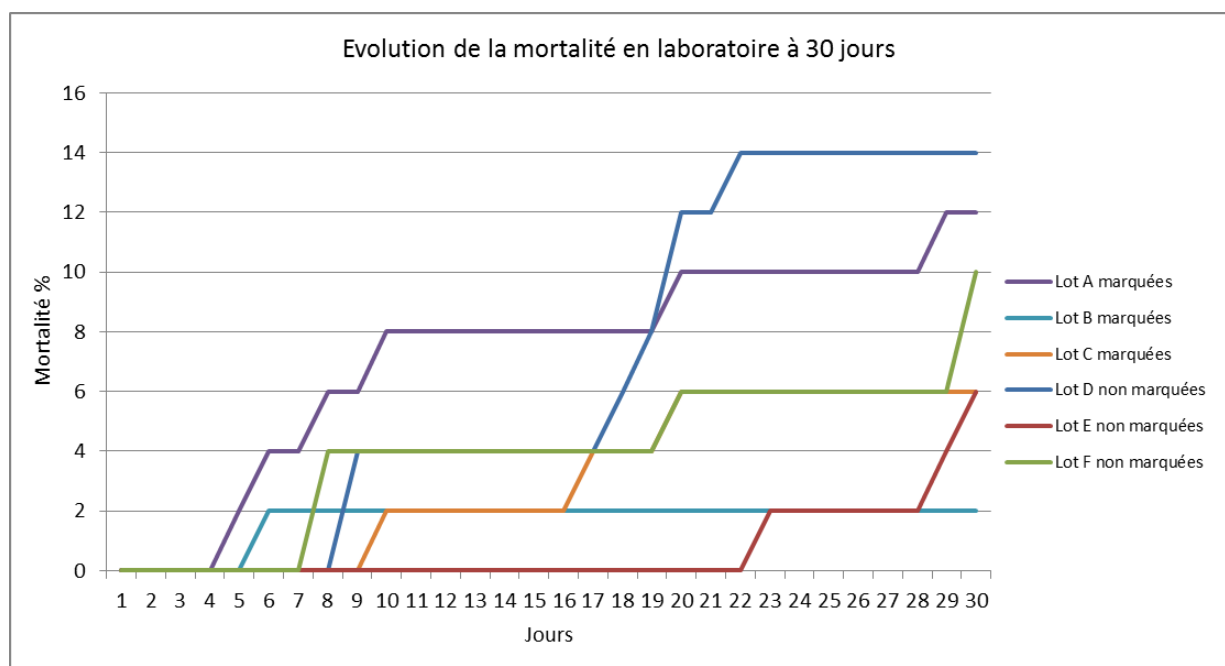


Figure 22 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)

3.4.2.2 Mortalité in situ

Lot A : (à 15 jours, marquées) 24 %

Lot B : (à 15 jours, marquées) 10 %

Lot C : (à 15 jours, marquées) 4 %

Lot D : (à 15 jours, non marquées) 10 %

Lot E : (à 15 jours, non marquées) 2 %

Lot F : (à 15 jours, non marquées) 6 %

Le suivi de la mortalité réalisé in situ sur 15 jours montre une mortalité moyenne des individus marqués de 12.67 % (écart type : 10.3).

Le suivi de la mortalité réalisé in situ sur 15 jours montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 6 % (écart type : 4.0).

3.4.3 Discussion

3.4.3.1 Causes probables de la mortalité

Mortalité naturelle :

Il est essentiel de noter que la mortalité naturelle des civelles au cours de leur première année de vie en eau douce est proche de 80 % (Adam, 1997). Beaulaton et Briand (2007) ont estimé, à partir des résultats de Berg et Jorgensen (1994) et de Bisgaard et Petersen (1991), que le taux de mortalité naturelle journalier des civelles s'établit à 0,01 soit 60 % de mortalité en 90 jours. Briand *et al.* (2008) avancent qu'une mortalité naturelle de 80 % est réaliste. Lambert (2008) considère un taux de mortalité naturelle de 70 % en 90 jours en milieu naturel pour la phase civelle dans le Golfe de Gascogne. Il faut donc relativiser la mortalité observée à 15 jours en sachant qu'il est possible que la mortalité comptabilisée soit en partie naturelle, avec toutefois une possibilité d'accélération du processus due aux multiples manipulations des civelles.

Lésions liées à la méthode de pêche :

D'après Briand *et al.* (2008), le taux de survie pour les individus présentant des blessures importantes sur le corps est de 0,05 % (mortalité 95 %) et de 25 % (mortalité 75 %) pour les individus présentant des blessures sur la queue (faibles ou importantes). Ici, une très bonne qualité des individus du point de vue des lésions externes est observée. C'est donc potentiellement un autre facteur qui expliquerait en premier lieu les mortalités observées.

Stockage en densité élevée :

Le stockage peut également induire une mortalité supplémentaire par rapport au milieu naturel par induction d'un stress, dû notamment à la forte densité des individus dans les bassins. La promiscuité que cela impose fait également augmenter le risque de transmission de divers pathogènes.

Choc thermique :

Au cours de la procédure d'alevinage (capture, stockage chez les pêcheurs, stockage chez le mareyeur, refroidissement pour le transport, transport puis déversement) les civelles ont subi de nombreux changements de température qui ont pu influencer leur survie de diverses manières. Il est important de noter que ces changements de température peuvent également induire le déclenchement de la saprolégniose.

La saprolégniose est une maladie due à des champignons aquatiques qui sont des micro-organismes saprophytes ou parasites facultatifs, ubiquistes, et capables de survivre longtemps dans

le milieu dans lequel ils trouvent leur optimum thermique, entre 18 et 25 °C. *Saprolegnia sp.* est un champignon ubiquiste, extrêmement répandu, responsable de la saprolégniose - ou « maladie de la mousse ». La saprolégniose affecte toutes les espèces de poissons de tous milieux, à tous les stades. Ce problème est cependant atténué dans les eaux salées. Les symptômes ne sont pas spécifiques et les lésions induites, superficielles, présentent un aspect cotonneux (d'où le nom de « mousse »). Les troubles sont fréquents et la mort survient par rupture de la régulation osmotique. Les mortalités sont variables, mais peuvent aller jusqu'à 50 %. *Saprolegnia* agit en surinfection et sa transmission s'effectue par l'intermédiaire de spores ciliées nageuses (zoospores), l'infestation se faisant par voie transcutanée. **La maladie est conditionnée par le stress en général, et par des blessures initiales, surtout de la peau et des branchies. Elle est favorisée par des charges importantes en matières organiques et les brusques variations de la température de l'eau.**

Temps de stockage :

Sur certains projets le temps de stockage peut atteindre 2 mois sans que les civelles soient nourries, les civelles sont donc maigres et très pigmentées sans avoir repris leur alimentation et donc très faibles.

La période de pêche et de stockage :

Les températures de fin de saison (fin avril, début mai) posent également des problèmes de stockage et lors du déversement avec des températures au-delà de 15°C dans les milieux récepteurs.

3.4.4 Différence de mortalité (in situ/laboratoire)

Afin de maintenir les civelles dans les meilleures conditions, l'eau a été changée entièrement tous les deux jours et les individus morts ont été retirés au fur et à mesure. Cependant, les civelles maintenues en laboratoire ne sont pas nourries et malgré les changements d'eau les conditions ne sont pas les mêmes que dans un filet où l'eau est renouvelée en continu. Il est probable que cette différence de traitement peut avoir une incidence sur la différence de mortalité observée entre les deux tests (in situ et en laboratoire). **Il est important de noter qu'il existe une forte variabilité à l'intérieur même des différents lots des tests (in situ et laboratoire) et que celle-ci peut avoir des conséquences sur les taux moyens énoncés ci-dessus.**

3.5 Validation du marquage (à court terme)

3.5.1 Provenance des individus pour la validation du marquage

Afin que les civelles puissent synthétiser et assimiler le colorant, il est nécessaire que celles-ci puissent reprendre leur alimentation. Pour cela les individus à sacrifier doivent impérativement provenir des tests in situ et non des tests en laboratoire.

3.5.2 Nombre d'individus conservés pour la validation du marquage

30 individus sont donc sacrifiés pour la validation du marquage.

3.5.3 Protocole de traitement des otolithes

Les otolithes de chacun des individus sont prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix B (1992). Ils sont ensuite analysés au microscope à épifluorescence afin de rechercher la présence du marqueur.

3.5.4 Résultat de la validation du marquage à court terme

À 15 jours, 100 % des individus marqués (N=30) présentaient un marquage net intense. Le marquage est donc validé.

3.6 Étude du changement de stade à 15 jours (in situ)

Lors de la relève des tests in situ, 100 individus ont été analysés (stade pigmentaire), afin de vérifier leur évolution et leur reprise alimentaire.

3.6.1 Résultats

Au marquage, les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (52 %) et 6A3 (36 %) (Figure 23).

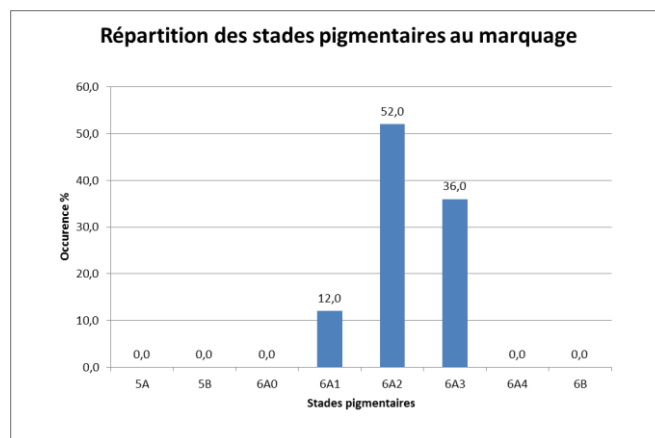


Figure 23: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) au marquage (FISH-PASS)

A 15 jours, la répartition des stades pigmentaires a évolué (Figure 24). Le stade pigmentaire majoritaire est VIA3 (71 %).

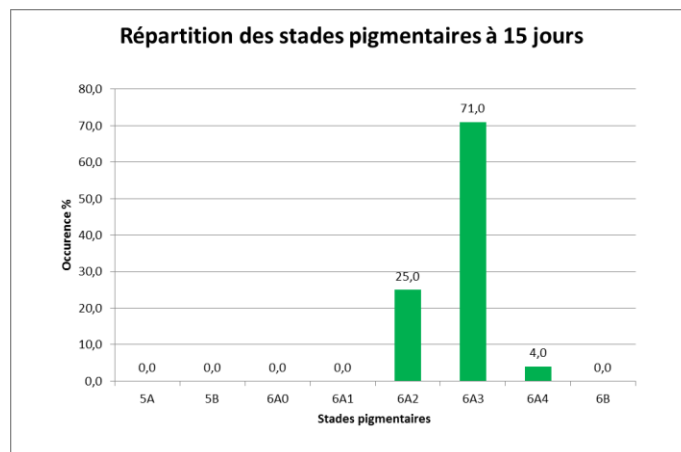


Figure 24 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=100) (FISH-PASS)

3.6.1.1 Évolution de la taille à 15 jours

Taille moyenne des individus au déversement : (N=50) 69.3 mm (écart-type=3.45).

Taille moyenne des individus marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) 67.3 mm (écart-type=3.60).

Taille moyenne des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) 70.1 mm (écart-type=4.00).

3.6.1.2 Évolution du coefficient de condition à 15 jours

Coefficient de condition des individus au déversement : (N=50) moyenne 0.75 (écart-type=0.09).

Coefficient de condition des individus marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) moyenne 0.72 (écart-type=0.09).

Coefficient de condition des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) moyenne 0.75 (écart-type=0.07).

Le coefficient de condition a évolué entre le déversement et les 15 jours du test in situ.

3.6.2 Discussion

Une évolution du stade pigmentaire est notable au bout de 15 jours. La majorité des civelles sont passées des stades 6A2 et 6A3 aux stades 6A3 et 6A4. De plus, un examen visuel montre la présence de matières organiques dans le système digestif de certaines civelles. Cela met en évidence une reprise alimentaire d'une partie des civelles qui intervient généralement à ce stade (Figure 25).



Figure 25 : Exemple de civelles en cours de reprise alimentaire (FISH-PASS)

4 Projet complémentaire

4.1 Caractéristiques et qualité des civelles

4.1.1 Méthodologie

4.1.1.1 Poids individuel moyen des civelles

Trois échantillons aléatoires de 50 civelles (soit 150 individus) ont été pesés pour caractériser le poids individuel moyen des civelles.

$$\text{Poids Individuel Moyen (PIM)} = (P_{\text{ech 1}} + P_{\text{ech 2}} + P_{\text{ech 3}}) / 150.$$

4.1.1.2 Évaluation de l'état sanitaire externe

La qualité des alevins a été déterminée selon la méthode mise au point par Briand *et al.* (2008) sur la Vilaine. Un lot de 50 civelles est placé dans une solution de carmin indigo de concentration 0,5 g/l pendant 30 min. Cette baignade permet de mettre en évidence les zones d'érosions cutanées sur les civelles. Deux types de blessures sont distingués : les blessures caudales et les blessures corporelles (dos et ventre). Une méthode de scoring (0, 1, 2) basée sur l'intensité de la coloration est utilisée pour les deux types de blessures afin de rendre compte de leur gravité (Figure 26, Figure 27 et Figure 28) :

Intensité : 0 → pas de lésion 1 → blessure faible 2 → blessures importantes

D'après Briand *et al.* (2008), le taux de survie pour les individus présentant des blessures importantes sur le corps est de 0,05 % et de 25 % pour les individus présentant des blessures sur la queue (faibles ou importantes).



Figure 26 : De haut en bas, a) individu sain, b) lésions corporelles importantes, c) lésions caudales et corporelles faibles, d) lésions caudales importantes (Source : FISH-PASS)



Figure 27 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage complémentaire sur l'Erdre en 2014 (lot 1) (FISH-PASS)



Figure 28 : Photo du résultat du test au carmin indigo sur les civelles à destination de l'alevinage complémentaire sur l'Erdre en 2014 (lot 2) (FISH-PASS)

4.1.1.3 Condition des civelles (taille-poids)

Un échantillon de 50 civelles a été prélevé aléatoirement. Chacune des civelles a été mesurée au mm et pesée au mg. Ces deux mesures ont permis de calculer leur coefficient de condition (Formule de Fulton).

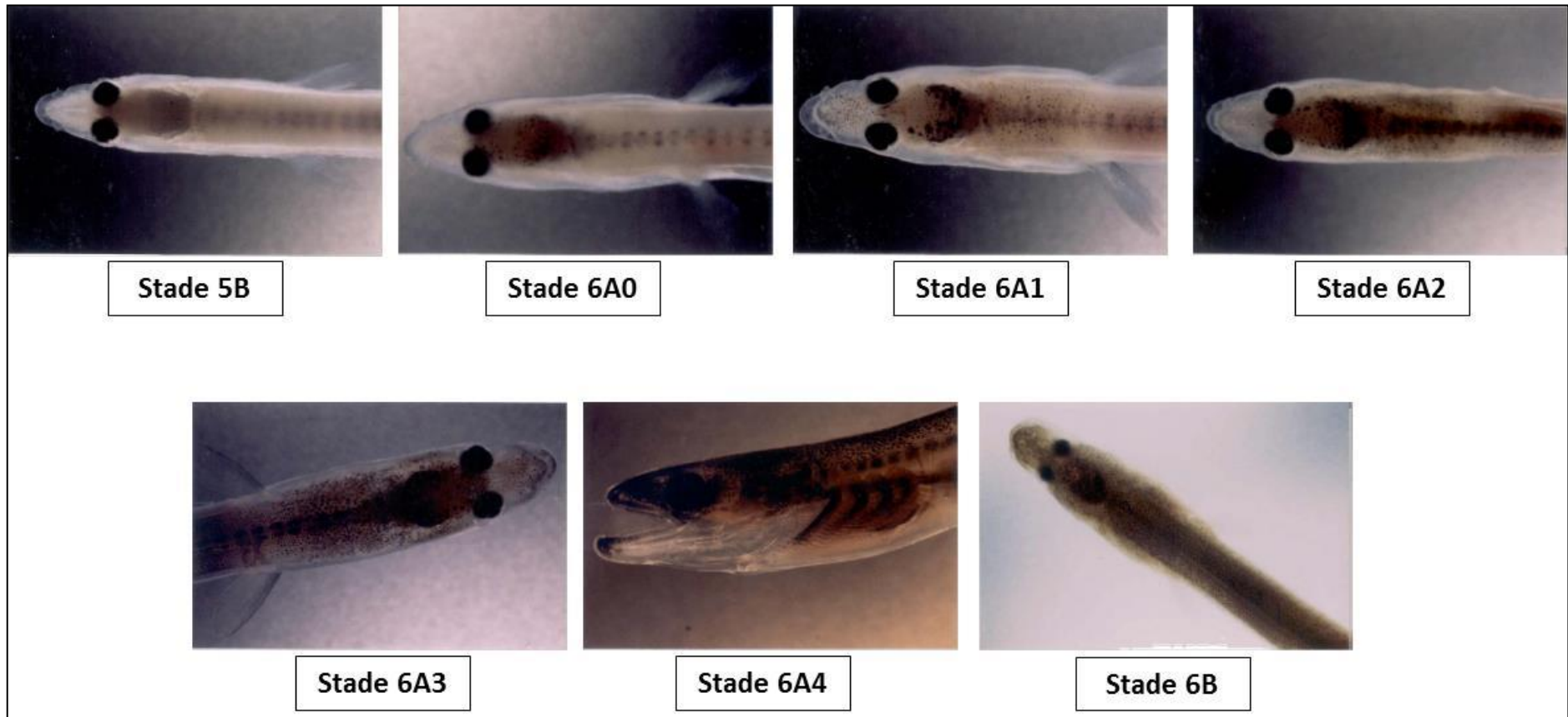
4.1.1.4 Stade pigmentaire des civelles

Le stade pigmentaire de chaque individu a été déterminé (échantillon de 50 civelles) sous loupe binoculaire selon la méthode d'Elie *et al.*, 1982 (Figure 29 et Figure 30).



Figure 29 : Détermination du stade pigmentaire à la loupe binoculaire (FISH-PASS)

Figure 30 : Stades pigmentaires de la civelle *Anguilla anguilla* dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine (GRELLIER *et al.*, 1991).



4.1.2 Résultats

4.1.2.1 *Poids individuel moyen*

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Le poids individuel moyen des civelles (N=150) est de :

Sur le lot 1 : 0.29 gr (N=50)

Sur le lot 2 : 0.28 gr (N=50)

Sur le lot 3 : 0.26 gr (N=50)

Le poids moyen est donc de 0.28 gr, soit une quantité de civelles déversées avoisinant les 1 430 800 individus (400 kg).

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Le poids individuel moyen des civelles (N=150) est de :

Sur le lot 1 : 0.25 gr (N=50)

Sur le lot 2 : 0.25 gr (N=50)

Sur le lot 3 : 0.25 gr (N=50)

Le poids moyen est donc de 0.25 gr, soit une quantité de civelles déversées avoisinant les 299 000 individus (74.75 kg).

4.1.2.2 État sanitaire externe

Tableau 5 : Typologie des civelles présentant des lésions cutanées (FISH-PASS)

CODES LÉSIONS			
Corps Queue	Pas de lésions	Faible intensité	Forte intensité
Pas de lésions	0-0*	1-0	2-0
Faible intensité	0-1	1-1	2-1
Forte intensité	0-2	1-2	2-2
*(le chiffre de gauche traduit les lésions de la queue)			

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

La qualité des civelles est très bonne. Sur les 50 individus examinés, aucun ne présente de traces d'érosion cutanée. (Tableau 5 et Figure 31).

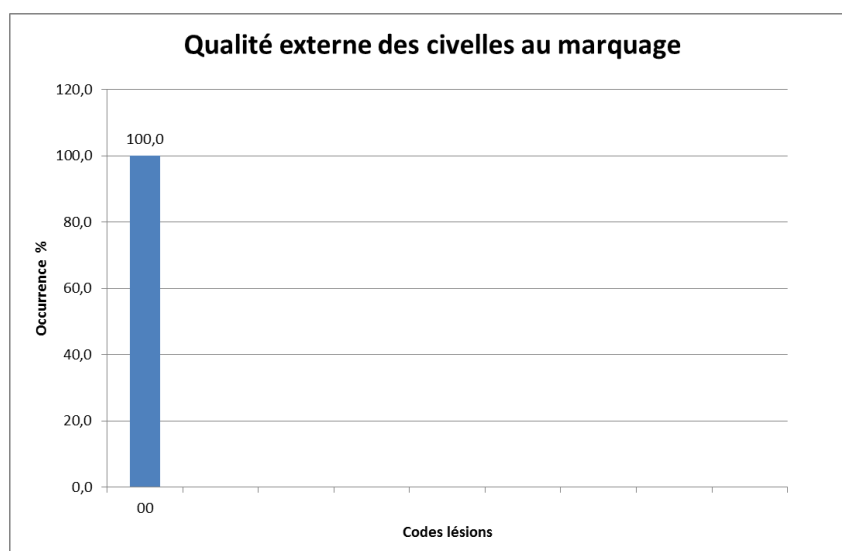


Figure 31 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Sur les 50 individus examinés, trois présentent des traces d'érosion cutanée (Tableau 5 et Figure 31).

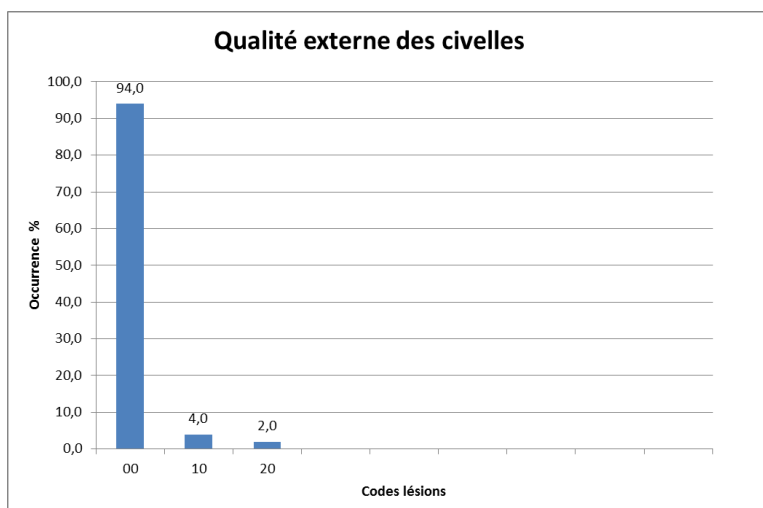


Figure 32 : Répartition des lésions externes (FISH-PASS)

4.1.2.3 Condition des civelles (taille-poids)

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

La taille moyenne des civelles de notre échantillon (N=50) est de 68.82 mm (écart-type=3.49) et le poids moyen égoutté est de 0.24 g (écart-type=0.05).

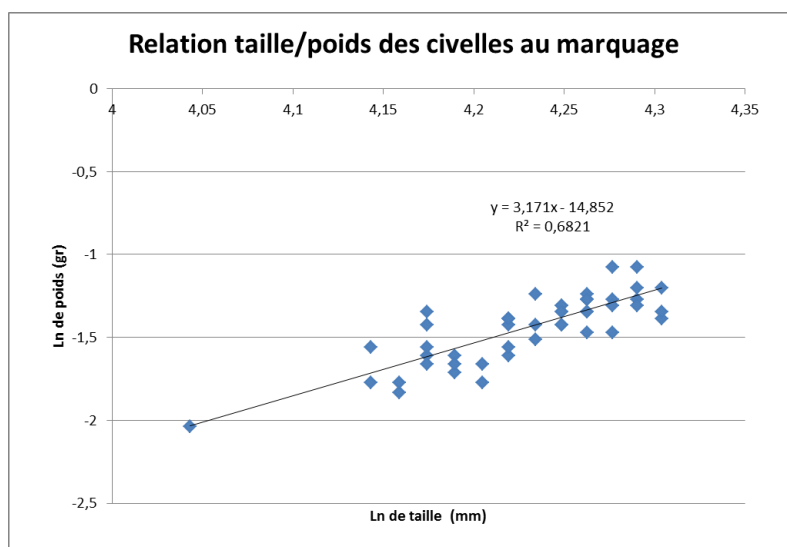


Figure 33 : Relation taille/poids des civelles au marquage (FISH-PASS)

- **Lot 2 (SeasanEels)**

La taille moyenne des civelles de notre échantillon (N=50) est de 69.84 mm (écart-type=4.04) et le poids moyen égoutté est de 0.24 g (écart-type=0.06).

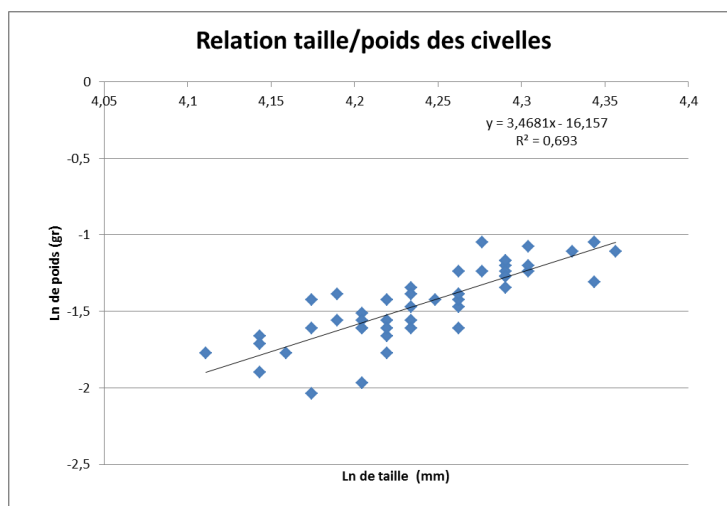


Figure 34 : Relation taille/poids des civelles (FISH-PASS)

4.1.2.4 Stades pigmentaires

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (40 %) et 6A3 (48 %) (Figure 35).

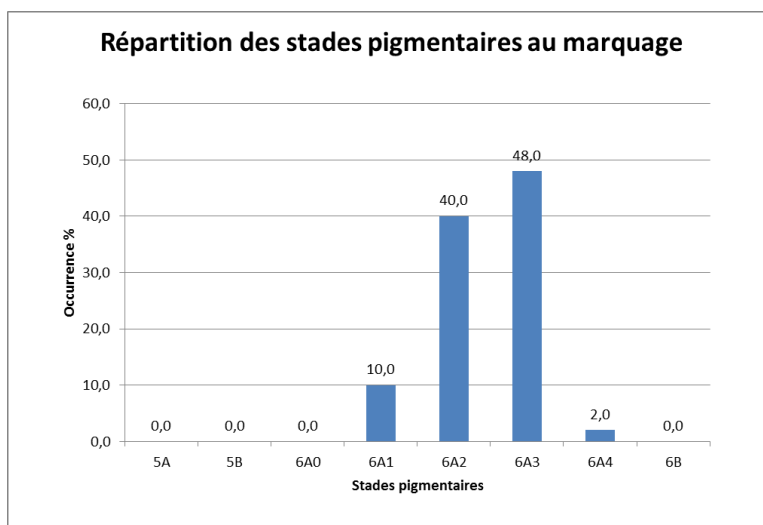


Figure 35 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon au marquage (FISH-PASS)

- Projet complémentaire -

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (26 %) et 6A3 (72 %) (Figure 36).

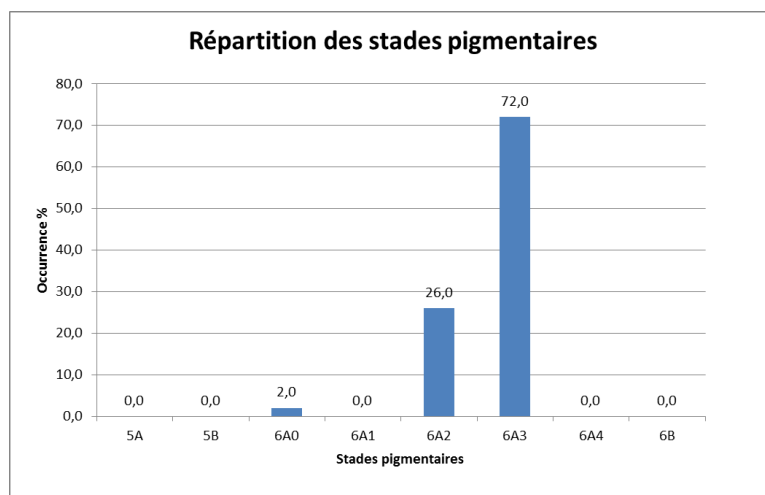


Figure 36 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (FISH-PASS)

4.2 Marquage des individus

4.2.1 Principe

L'utilisation de colorants vitaux (alizarine, calcéine, tétracycline...) a été largement développée pour marquer des anguilles au stade civelle (Acou, 2006; Charrier *et al.*, 2010; Feunteun *et al.*, 2000b; Simon & Dorner, 2005; Simon *et al.*, 2009; Verreault *et al.*, 2009; Verreault *et al.*, 2010). Leur utilisation est relativement aisée et la tenue du marquage est longue (plusieurs années, durée de vie de l'individu) par rapport à d'autres techniques disponibles (Nielsen, 1992). Elles n'entraînent pas ou peu de mortalité (Alcobendas *et al.*, 1991; Simon & Dorner, 2005). Certains colorants peuvent néanmoins entraîner une modification significative de la croissance (Mounaix *et al.*, 2000).

4.2.2 Méthodologie

Le marquage de masse des civelles a été réalisé dans des bacs contenant 40 L d'une solution d'Alizarine Red S (ARS) à 150 mg/L. Dans chaque bac 4 kg de civelles ont été plongés pour une baignade d'une durée de 3h. Pendant toute la durée de baignade la température de l'eau a été suivie et le taux d'oxygène maintenu entre 210 et 350 % de saturation.



Figure 37 : Marquage des civelles à l'alizarine (FISH-PASS)



Figure 38 : Civelles en cours de marquage (FISH-PASS)

4.2.3 Quantité de civelles marquées

30 % des civelles destinées au repeuplement complémentaire sur l'Erdre ont été marqués, soit 145 kg de civelles.

4.2.4 Exemples de résultats

Les otolithes de chacun des individus recapturés sont prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix B (1992). Ils sont ensuite analysés au microscope à épifluorescence afin de rechercher la présence du marqueur.

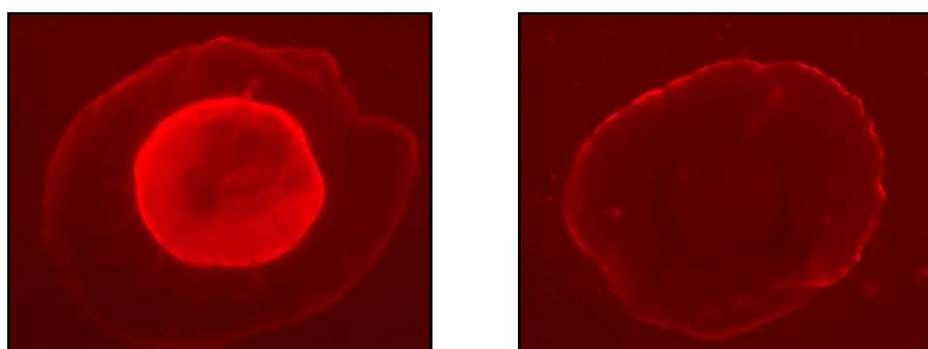


Figure 39 : À gauche, otolithe présentant un marquage. À droite, otolithe ne présentant pas de marquage (FISH-PASS)

4.3 Alevinage

L'opération d'alevinage s'est déroulée le 24 avril 2014 en présence de l'ONEMA, des pêcheurs professionnels et du mareyeur.

4.3.1 Stratégie d'alevinage

Sur l'Erdre, au droit du secteur de déversement, la quantité maximale de déversement a été calculée par le porteur de projet pour répondre aux préconisations de l'annexe 3 de l'appel à projet et en respect des recommandations de la grille MNHN/ONEMA pour les sites validés en COGEPOMI (Figure 40).

4.3.2 Méthodologie

4.3.2.1 *Localisation des zones de déversement (alevinage 2014)*

La Figure 40 présente les points de déversement sur l'Erdre.

- Projet complémentaire -

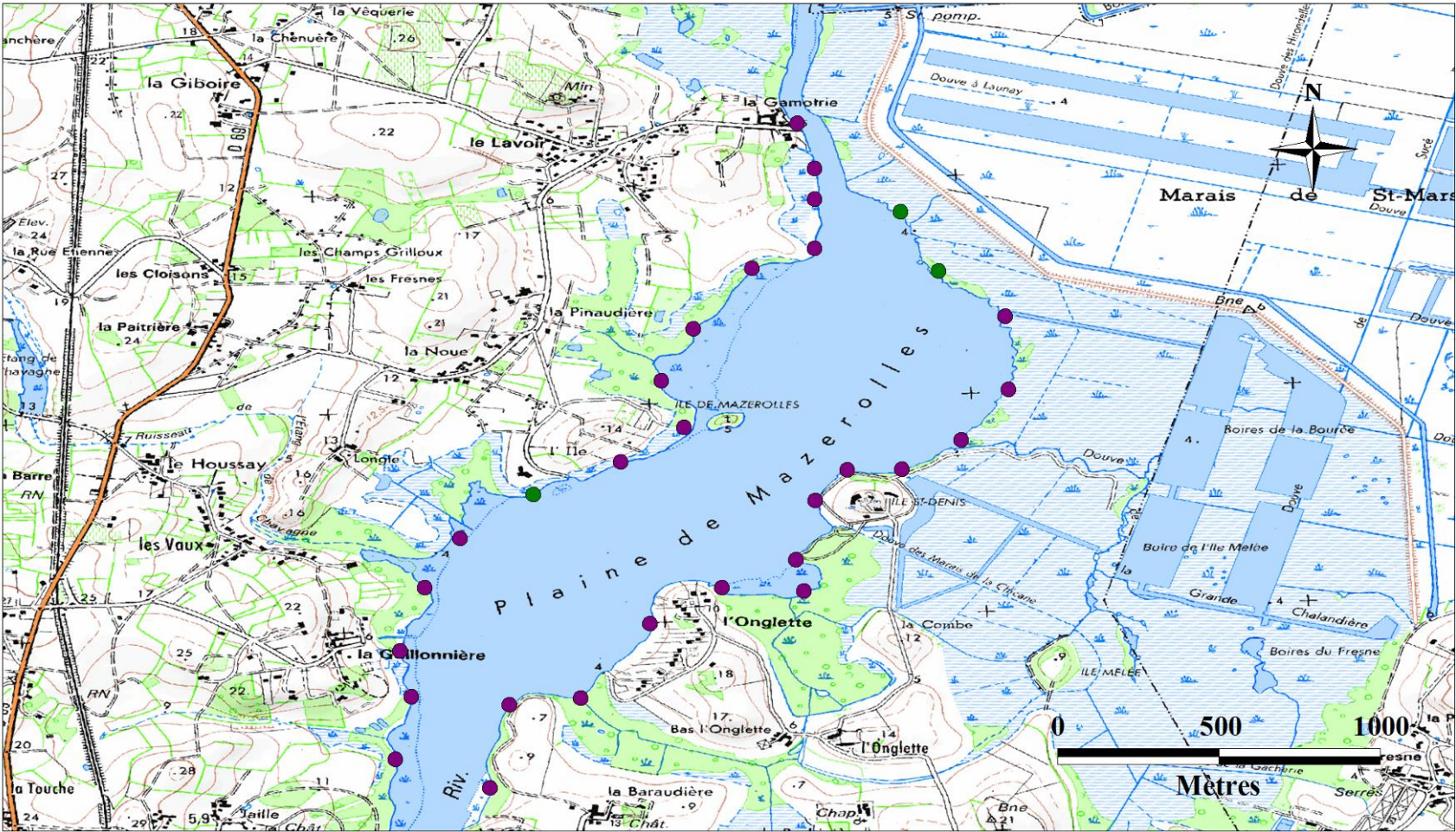


Figure 40 : Points de déversement complémentaire des civelles sur l'Erdre (en violet les points de déversement avec des civelles marquées et non marquées et en vert les points de déversement avec des civelles non marquées) (FISH-PASS)

4.3.2.2 Quantités de civelles déversées par point

À chaque point, 2.25 à 16.5 kg de civelles ont été déversés (Tableau 6).

Tableau 6 : Localisation GPS des points de déversement avec les quantités déversées (FISH-PASS)

N° point déversement	Longitude (WGS 84)	Latitude (WGS 84)	Zone de déversement	Quantité déversée NM (Kg)	Quantité déversée M (Kg)
1	-1,497723000	47,375583000	Plaine de Mazerolles	9,0	5,5
2	-1,497717000	47,374313000		9,0	5,5
3	-1,497738000	47,372273000		9,0	5,5
4	-1,500310000	47,371463000		9,0	5,5
5	-1,502707000	47,368958000		9,0	5,5
6	-1,504033000	47,366820000		9,0	5,5
7	-1,503098000	47,364910000		9,0	5,5
8	-1,505697000	47,363478000		9,0	5,5
9	-1,509283000	47,362132000		13,7	0,0
10	-1,512317000	47,360322000		13,4	2,25
11	-1,513758000	47,358305000		11,0	5,5
12	-1,514770000	47,355700000		11,0	5,5
13	-1,514298000	47,353808000		11,0	5,5
14	-1,514972000	47,351233000		11,0	5,5
15	-1,511065000	47,350065000		11,0	5,5
16	-1,510277000	47,353487000		11,0	5,5
17	-1,507362000	47,353753000		11,0	5,5
18	-1,504487000	47,356812000		11,0	5,5
19	-1,501530000	47,358297000		11,0	5,5
20	-1,498170000	47,358157000		11,0	5,5
21	-1,498490000	47,359448000		11,0	5,5
22	-1,497698000	47,361897000		11,0	5,5
23	-1,496378000	47,363152000		11,0	5,5
24	-1,494130000	47,363192000		11,0	5,5
25	-1,491693000	47,364390000		11,0	5,5
26	-1,489753000	47,366478000		11,0	5,5
27	-1,489900000	47,369497000		11,0	5,5
28	-1,492630000	47,371357000		16,5	0,0
29	-1,494195000	47,373782000		16,5	0,0
30	-1,498438000	47,377423000		11,0	5,5

4.3.2.3 Mode de déversement

L'alevinage a été effectué en bateau.



Figure 41 : Déversement de civelles sur l'Erdre (FISH-PASS)

4.3.2.4 Paramètres environnementaux

Au moment de l'alevinage la température moyenne dans les caisses était de 14.2°C.

À chaque point d'alevinage, les coordonnées géographiques et les conditions physico-chimiques (T°, O₂, turbidité, pH, conductivité) ont été relevées (Figure 42 et Tableau 7).



Figure 42 : Exemple de mesures des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)

4.3.3 Résultats

4.3.3.1 Paramètres environnementaux

La synthèse des 30 mesures physico-chimiques montre une qualité d'eau assez homogène sur l'ensemble du linéaire aleviné. La concentration en oxygène était bonne (8.2 mg/L, saturation aux alentours de 83 % en fonction du lieu et du moment de la journée). La température de l'eau était de 16 °C en moyenne.

Le détail des données physico-chimiques est disponible en annexe.

Tableau 7 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (FISH-PASS)

	O2 dissous (mg/l)	SAT O2 (%)	pH	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (NTU)	T° milieu récepteur (°C)	T° caisse (°C)
Moyenne	8,16	83	7,38	283	6	16,0	14,2
Ecart-type	1,10	11,30	0,11	5,47	3,49	0,35	0,44

4.3.4 Discussion

La différence entre la température du milieu récepteur (16°C en moyenne) et la température dans les caisses (14.2°C en moyenne) au moment de l'alevinage était de 1.8°C.

Il n'y a donc eu aucun problème d'acclimatation thermique des civelles.

4.4 Étude de la mortalité à 15 jours

4.4.1 Méthodologie

4.4.1.1 Étude de la mortalité en laboratoire

Pour évaluer la mortalité des individus en laboratoire à 15 jours, deux fois trois lots de 50 individus chacun (N=300) (un triplicata d'individus marqués et un triplicata d'individus non marqués) ont été placés en aquarium (des changements d'eau sont réalisés tous les 2 à 3 jours). Aucun nourrissage n'a été effectué pendant les 15 jours. La réalisation de cette expérimentation en laboratoire permet de suivre jour par jour la mortalité des civelles.



Figure 43 : Aquarium utilisé dans le cadre des études de mortalité des civelles en laboratoire (FISH-PASS)

Des mesures de prophylaxie ont été mises en place au laboratoire :

- Utilisation d'une seule épuisette par aquarium,
- Utilisation d'une seule bassine par aquarium lors des changements d'eau,
- Désinfection de tout le matériel à la javel,
- Désinfection du personnel (mains) entre chaque bac au gel hydro-alcoolique,

- Un tuyau attitré à chaque aquarium pour l'aération.



Figure 44 : Organisation des tests de mortalité en laboratoire (FISH-PASS)

4.4.1.2 Étude de la mortalité *in situ*

Afin de pouvoir comparer les tests en laboratoire et *in situ*, deux fois trois lots de 50 individus chacun ($N=300$) (un triplicata d'individus marqués et un triplicata d'individus non marqués) ont été placés dans des enceintes en filet (maillage : $1300\mu\text{m}$) sur les sites et ont été relevés 15 jours après.



Figure 45 : Préparation des enceintes avant immersion pour les tests *in situ* (FISH-PASS)

4.4.2 Résultats

4.4.2.1 Mortalité en laboratoire

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Lot A : (à 15 jours, marquées) 0 %

Lot B : (à 15 jours, marquées) 66 %

Lot C : (à 15 jours, marquées) 0 %

Lot D : (à 15 jours, non marquées) 0 %

Lot E : (à 15 jours, non marquées) 8 %

Lot F : (à 15 jours, non marquées) 0 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 15 jours (Figure 46) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus marqués de 22 % (écart type : 38.11).

Le suivi de la mortalité réalisé sur 15 jours (Figure 46) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 2.67 % (écart type : 4.62).

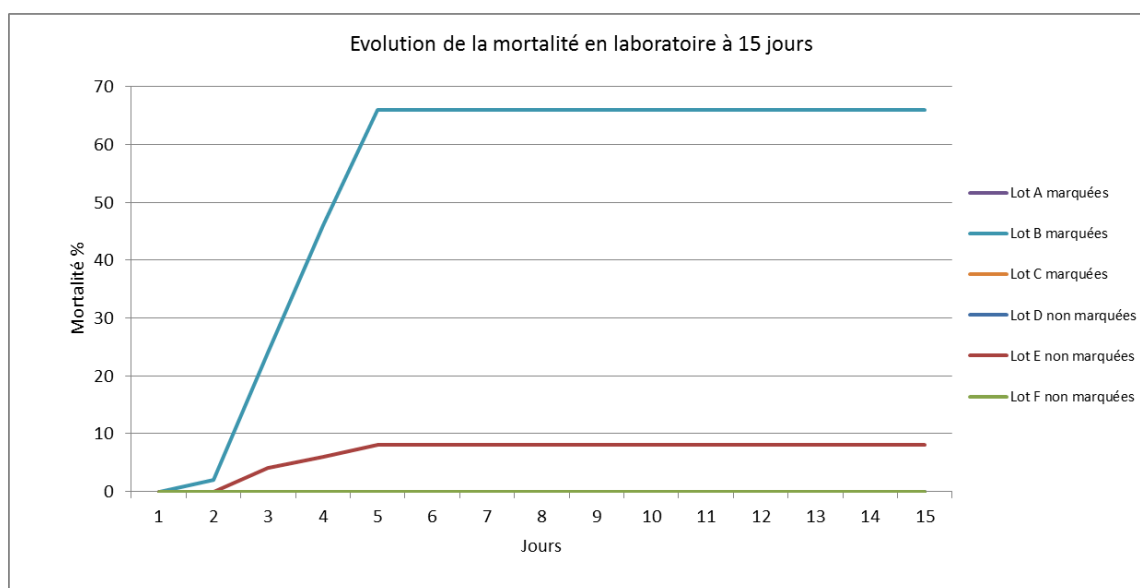


Figure 46 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)

Afin de voir si la mortalité se stabilise dans le temps nous avons prolongé le test au-delà des préconisations du protocole et ainsi nous avons suivi de la même manière ces tests jusqu'à 30 jours.

Lot A : (à 30 jours, marquées) 18 %

Lot B : (à 30 jours, marquées) 66 %

Lot C : (à 30 jours, marquées) 86 %

Lot D : (à 30 jours, non marquées) 54 %

Lot E : (à 30 jours, non marquées) 52 %

Lot F : (à 30 jours, non marquées) 36 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 30 jours (Figure 47) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 56.67 % (écart type : 34.95).

Le suivi de la mortalité réalisé sur 30 jours (Figure 47) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus marqués de 47.33 % (écart type : 9.87).

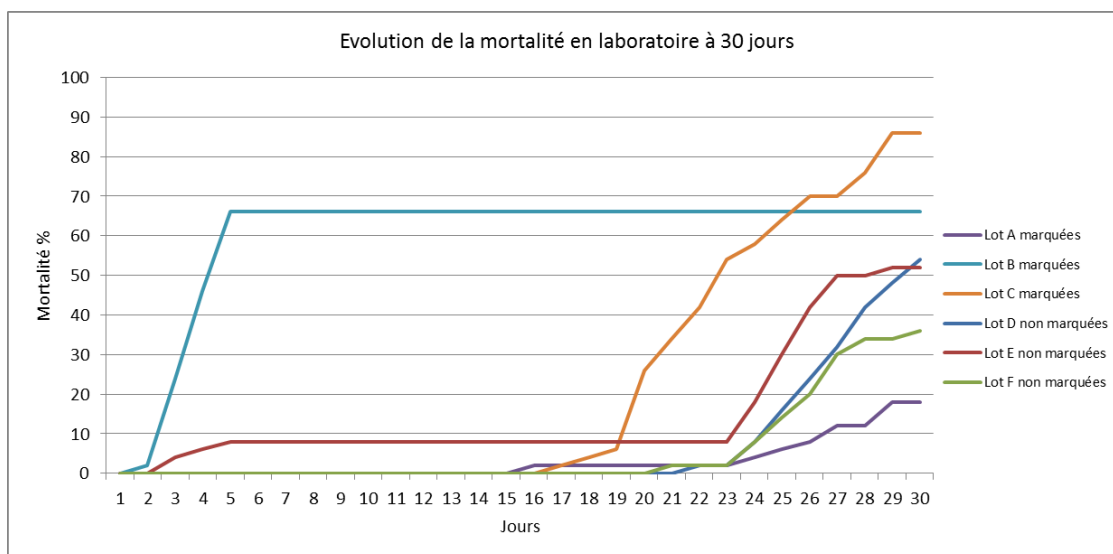


Figure 47 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Lot G : (à 15 jours, non marquées) 12 %

Lot H : (à 15 jours, non marquées) 8 %

Lot I : (à 15 jours, non marquées) 20 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 15 jours (Figure 48) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 16.67 % (écart type : 4.16).

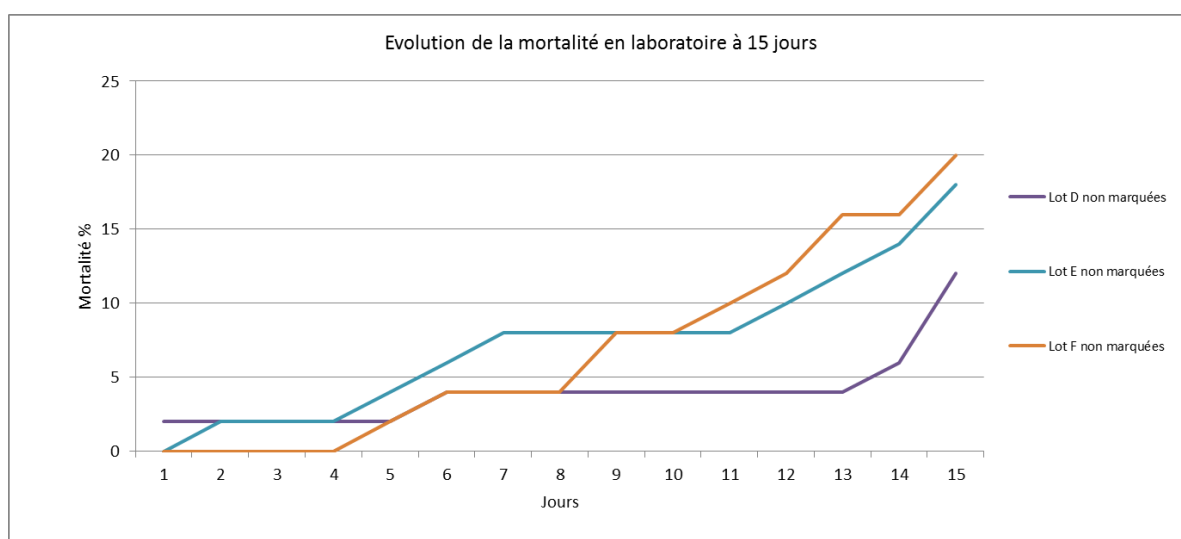


Figure 48 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 15 jours (FISH-PASS)

Afin de voir si la mortalité se stabilise dans le temps nous avons prolongé le test au-delà des préconisations du protocole et ainsi nous avons suivi de la même manière ces tests jusqu'à 30 jours.

Lot G : (à 15 jours, non marquées) 82 %

Lot H : (à 15 jours, non marquées) 86 %

Lot I : (à 15 jours, non marquées) 82 %

Le suivi de la mortalité réalisé sur 30 jours (Figure 49) en laboratoire montre une mortalité moyenne des individus marqués de 83.33 % (écart type : 2.31).

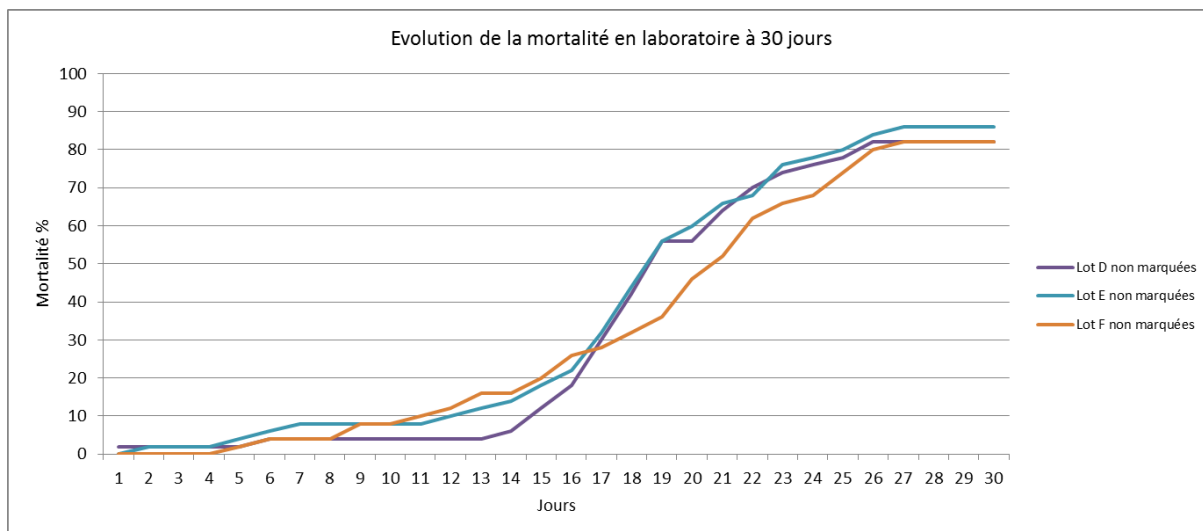


Figure 49 : Évolution de la mortalité (%) des civelles sur 30 jours (FISH-PASS)

4.4.2.2 Mortalité in situ

- Lot 1 (Foucher-Maury)

Lot A : (à 15 jours, marquées) 28 %

Lot B : (à 15 jours, marquées) 6 %

Lot C : (à 15 jours, marquées) 20 %

Lot D : (à 15 jours, non marquées) 10 %

Lot E : (à 15 jours, non marquées) 14 %

Lot F : (à 15 jours, non marquées) 18 %

Le suivi de la mortalité réalisé in situ sur 15 jours montre une mortalité moyenne des individus marqués de 18 % (écart type : 11.1).

Le suivi de la mortalité réalisé in situ sur 15 jours montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 14 % (écart type : 4.0).

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Lot G : (à 15 jours, non marquées) 26 %

Lot H : (à 15 jours, non marquées) 26%

Lot I : (à 15 jours, non marquées) 28 %

Le suivi de la mortalité réalisé in situ sur 15 jours montre une mortalité moyenne des individus non marqués de 26.7 % (écart type : 1.15).

4.4.3 Discussion

4.4.3.1 *Causes probables de la mortalité*

Mortalité naturelle :

Il est essentiel de noter que la mortalité naturelle des civelles au cours de leur première année de vie en eau douce est proche de 80 % (Adam, 1997). Beaulaton et Briand (2007) ont estimé, à partir des résultats de Berg et Jorgensen (1994) et de Bisgaard et Petersen (1991), que le taux de mortalité naturelle journalier des civelles s'établit à 0,01 soit 60 % de mortalité en 90 jours. Briand *et al.* (2008) avancent qu'une mortalité naturelle de 80 % est réaliste. Lambert (2008) considère un taux de mortalité naturelle de 70 % en 90 jours en milieu naturel pour la phase civelle dans le Golfe de Gascogne. Il faut donc relativiser la mortalité observée à 15 jours en sachant qu'il est possible que la mortalité comptabilisée soit en partie naturelle, avec toutefois une possibilité d'accélération du processus, due aux multiples manipulations des civelles.

Lésions liées à la méthode de pêche :

D'après Briand *et al.* (2008), le taux de survie pour les individus présentant des blessures importantes sur le corps est de 0,05 % (mortalité 95 %) et de 25 % (mortalité 75 %) pour les individus présentant des blessures sur la queue (faibles ou importantes). Ici, une très bonne qualité des individus du point de vue des lésions externe est observée. C'est donc potentiellement un autre facteur qui expliquerait en premier lieu les mortalités observées.

Stockage en densité élevée :

Le stockage peut également induire une mortalité supplémentaire par rapport au milieu naturel par induction d'un stress, dû notamment à la forte densité des individus dans les bassins. La promiscuité que cela impose fait également augmenter le risque de transmission de divers pathogènes.

Choc thermique :

Au cours de la procédure d'alevinage (capture, stockage chez les pêcheurs, stockage chez le mareyeur, refroidissement pour le transport, transport puis déversement) les civelles ont subi de nombreux changements de température qui ont pu influencer leur survie de diverses manières. Il est important de noter que ces changements de température peuvent également induire le déclenchement de la saprolégniose.

La saprolégniose est une maladie due à des champignons aquatiques qui sont des micro-organismes saprophytes ou parasites facultatifs, ubiquistes, et capables de survivre longtemps dans le milieu dans lequel ils trouvent leur optimum thermique, entre 18 et 25 °C. *Saprolegnia sp.* est un champignon ubiquiste, extrêmement répandu, responsable de la saprolégniose - ou « maladie de la mousse ». La saprolégniose affecte toutes les espèces de poissons de tous milieux, à tous les stades. Ce problème est cependant atténué dans les eaux salées. Les symptômes ne sont pas spécifiques et les lésions induites, superficielles, présentent un aspect cotonneux (d'où le nom de « mousse »). Les troubles sont fréquents et la mort survient par rupture de la régulation osmotique. Les mortalités sont variables, mais peuvent aller jusqu'à 50 %. *Saprolegnia* agit en surinfection et sa transmission s'effectue par l'intermédiaire de spores ciliées nageuses (zoospores), l'infestation se faisant par voie transcutanée. **La maladie est conditionnée par le stress en général, et par des blessures initiales, surtout de la peau et des branchies. Elle est favorisée par des charges importantes en matières organiques et les brusques variations de la température de l'eau.**

Temps de stockage :

Sur certains projets le temps de stockage peut atteindre 2 mois sans que les civelles soient nourries, les civelles sont donc maigres et très pigmentées sans avoir repris leur alimentation et donc très faibles.

La période de pêche et de stockage :

Les températures de fin de saison (fin avril, début mai) posent également des problèmes de stockage et lors du déversement avec des températures au-delà de 15°C dans les milieux récepteurs.

4.4.4 Différence de mortalité (in situ/laboratoire)

Afin de maintenir les civelles dans les meilleures conditions, l'eau a été changée entièrement tous les deux jours et les individus morts ont été retirés au fur et à mesure. Cependant, les civelles maintenues en laboratoire ne sont pas nourries et malgré les changements d'eau les conditions ne sont pas les mêmes que dans un filet où l'eau est renouvelée en continu. Il est probable que cette

différence de traitement peut avoir une incidence sur la différence de mortalité observée entre les deux tests (in situ et en laboratoire). **Il est important de noter qu'il existe une forte variabilité à l'intérieur même des différents lots des tests (in situ et laboratoire) et que celle-ci peut avoir des conséquences sur les taux moyens énoncés ci-dessus.**

4.5 Validation du marquage (à court terme)

4.5.1 Provenance des individus pour la validation du marquage

Afin que les civelles puissent synthétiser et assimiler le colorant, il est nécessaire que celles-ci puissent reprendre leur alimentation. Pour cela les individus à sacrifier doivent impérativement provenir des tests in situ et non des tests en laboratoire.

4.5.2 Nombre d'individus conservés pour la validation du marquage

30 individus sont donc sacrifiés pour la validation du marquage.

4.5.3 Protocole de traitement des otolithes

Les otolithes de chacun des individus sont prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix B (1992). Ils sont ensuite analysés au microscope à épifluorescence afin de rechercher la présence du marqueur.

4.5.4 Résultat de la validation du marquage à court terme

À 15 jours, 100 % des individus marqués (N=30) présentaient un marquage net intense. Le marquage est donc validé.

4.6 Étude du changement de stade à 15 jours (in situ)

Lors de la relève des tests in situ, 150 individus (N=100 issus du lot 1 et N=50 issus du lot 2) ont été analysés (stade pigmentaire), afin de vérifier leur évolution et leur reprise alimentaire.

4.6.1 Résultats

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Au marquage, les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (40 %) et 6A3 (48 %) (Figure 54).

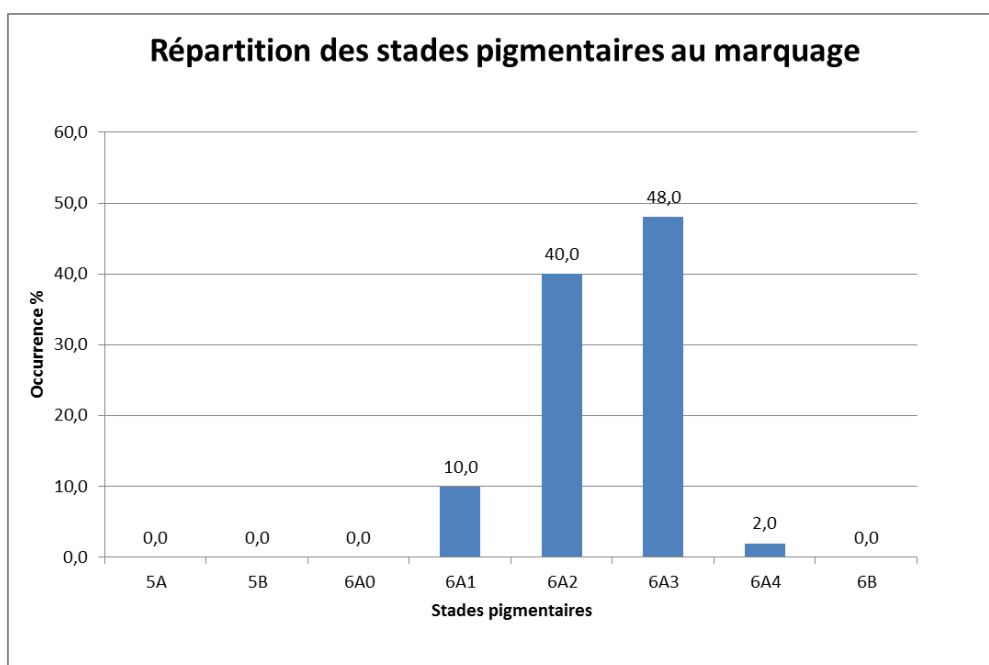


Figure 50: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) au marquage (FISH-PASS)

À 15 jours, la répartition des stades pigmentaires a évolué (Figure 51). Le stade pigmentaire majoritaire est 6A4 (42 %).

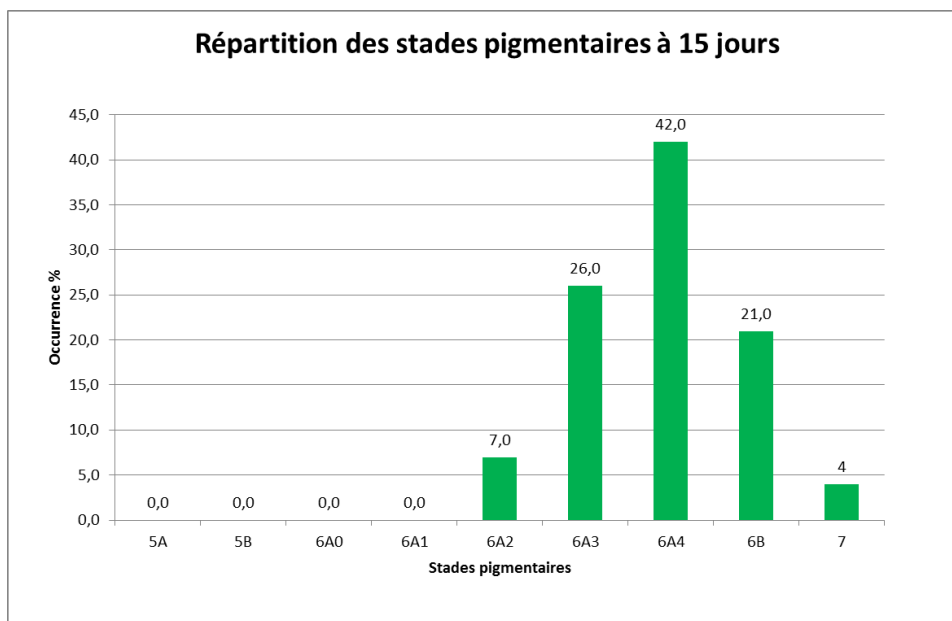


Figure 51 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=100) (FISH-PASS)

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Au test qualité, les stades pigmentaires majoritaires de notre échantillon (N=50) étaient 6A2 (26 %) et 6A3 (72 %) (Figure 52).

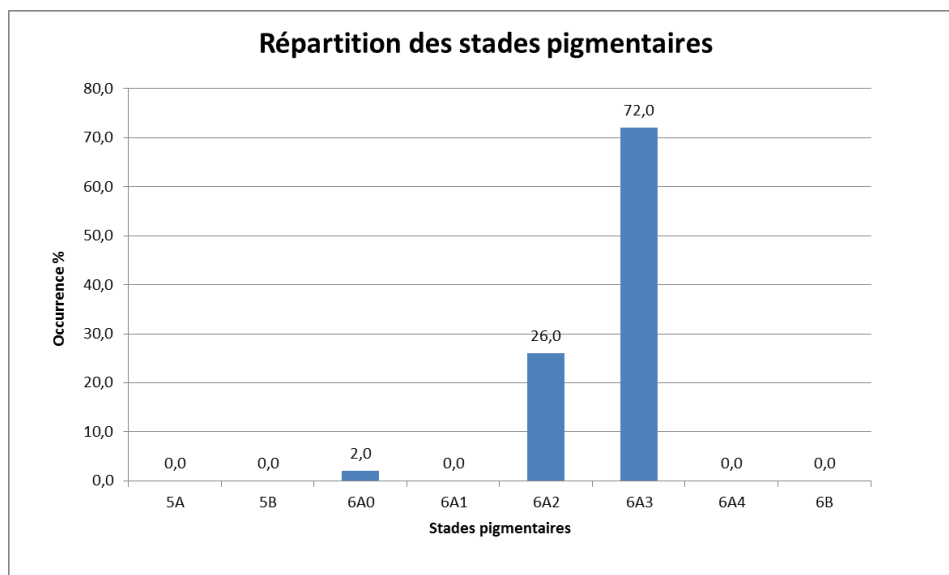


Figure 52: Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon (N=50) (FISH-PASS)

À 15 jours, la répartition des stades pigmentaires a évolué (Figure 53). Les stades pigmentaires majoritaires sont 6A3 (46 %) et 6A4 (40 %).

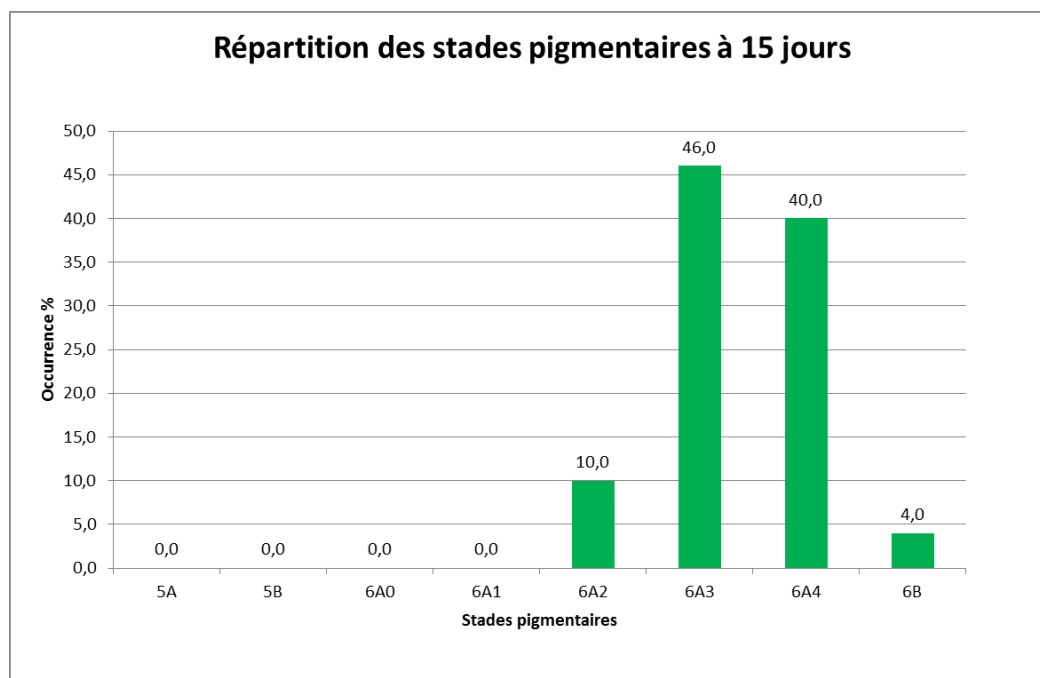


Figure 53 : Occurrence (%) des stades pigmentaires des civelles de l'échantillon à 15 jours (N=50) (FISH-PASS)

4.6.1.1 Évolution de la taille à 15 jours

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Taille moyenne des individus au déversement : (N=50) 68.82 mm (écart-type=3.49).

Taille moyenne des individus marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) 67.4 mm (écart-type=3.9).

Taille moyenne des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) 67.6 mm (écart-type=4.40).

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Taille moyenne des individus au déversement : (N=50) 69.84 mm (écart-type=4.09).

Taille moyenne des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) 67.9 mm (écart-type=3.1).

4.6.1.2 Évolution du coefficient de condition à 15 jours

- **Lot 1 (Foucher-Maury)**

Coefficient de condition des individus au déversement : (N=50) moyenne 0.74 (écart-type=0.08).

Coefficient de condition des individus marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) moyenne 0.73 (écart-type=0.10).

Coefficient de condition des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) moyenne 0.64 (écart-type=0.12).

Le coefficient de condition a évolué entre le déversement et les 15 jours du test in situ.

- **Lot 2 (SeasanEels)**

Coefficient de condition des individus au déversement : (N=50) moyenne 0.71 (écart-type=0.09).

Coefficient de condition des individus non marqués à la fin du test in situ (15 jours) : (N=50) moyenne 0.65 (écart-type=0.10).

Le coefficient de condition a évolué entre le déversement et les 15 jours du test in situ.

4.6.2 Discussion

Une évolution du stade pigmentaire est notable au bout de 15 jours. La majorité des civelles est passée des stades 6A2 aux stades 6A3, 6A4 et 6B. De plus, un examen visuel montre la présence de matières organiques dans le système digestif de certaines civelles. Cela met en évidence une reprise alimentaire d'une partie des civelles qui intervient généralement à ce stade (Figure 54).



Figure 54 : Exemple de civelles en cours de reprise alimentaire (FISH-PASS)

5 Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois

5.1 Objectif

L'objectif de ce suivi est d'évaluer la contribution des individus alevinés au soutien de la population en place.

5.2 Matériel et méthode

L'échantillonnage des anguilles a été réalisé par pêche électrique en utilisant la méthode des **Échantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA)**. Ce type de protocole nécessite une demande d'autorisation auprès de la DDTM de la Loire-Atlantique (Arrêté Préfectoral). L'ONEMA, la DDTM et la fédération de pêche, ont été informés des dates de pêche pour cette campagne intitulée « Automne 2014, campagne de suivi 1 ».

Le suivi de l'alevinage à 6 mois a été réalisé du 8 au 10 septembre 2014.

5.2.1 Présentation du matériel

Les pêches électriques ont été effectuées en bateau, au moyen d'un FEG 8000 de marque EFKO. Nous disposons également d'un appareil de secours, un EL64-II de marque Hans Grassl. L'ensemble de nos équipements est conforme à la norme **CEI 60335-2-86**¹ et fait l'objet de contrôles réguliers par un organisme indépendant afin de détecter les défaillances mécaniques et électriques éventuelles.

¹ **CEI 60335-2-86**, Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues – Partie 2-86; règles particulières pour les équipements électriques de pêche.

5.2.2 Moyens humains

Les pêches électriques en bateau nécessitent 4 personnes :

une personne à l'anode,

une personne à l'épuisette,

une personne au pilotage du bateau et à la sécurité,

une personne au chronomètre, au GPS et à la sécurité.

5.2.3 Méthode d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage des poissons à l'électricité, adopté, est conforme aux normes NF T90-344², EN 14011³ et EN 14962⁴. Il s'appuie sur la "**Notice de présentation et d'utilisation de l'IPR**" (Onema, 2006) ainsi que sur le "**Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité**" (Belliard et al., Onema, 2008).

L'équipement (groupe électrogène) a été installé sur le bateau. Le courant utilisé est de type CC (lisse ou pulsé). Le suivi de l'alevinage a été réalisé avec la méthode des EPA (Nelva et *al.*, 1979). Cette méthode consiste à effectuer de petits échantillons, mais nombreux. Elle permet de rendre compte de la diversité des milieux rencontrés et de la présence du peuplement piscicole pour chaque fasciés prospecté.

Au niveau de la zone d'étude, 25 stations de pêche d'une longueur de 200 mètres ont été définies. Leur localisation est choisie en fonction des zones alevinées en respectant un écartement homogène sur le linéaire. De cette façon, les stations ont été définies en les alternant entre la rive droite et la rive gauche. Sur chaque station, 20 points de pêche ont été réalisés en berge et tous les 10 mètres de manière à garantir un échantillonnage aléatoire. Chaque point est pêché pendant 30 secondes. Les coordonnées GPS, l'habitat, le type de substrat et la présence d'anguilles sont recensés sur chaque point de pêche à l'aide d'un *Gétac PS236*. La turbidité, l'oxygène, le pH, la conductivité et la température de l'eau sont mesurés au niveau de chaque station. La progression des EPA s'effectue de l'aval vers l'amont afin d'assurer un déplacement face au flot pour éviter de remuer le sédiment au niveau des points encore non pêchés.

² NF T90-344 : détermination de l'Indice Poisson rivière 'IPR'

³ EN 14011 : Echantillonnage des poissons à l'électricité

⁴ EN 14962 : Guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage de poissons.

5.2.4 Traitement des poissons

Au niveau de chaque station, les anguilles capturées ont été mesurées, pesées et les pathologies externes ont été recensées. Lors de cette campagne, 53 individus ayant une classe de taille inférieure à 130 mm ont été conservés pour le suivi du marquage à l'alizarine. Leurs otolithes ont été prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix (1992) pour être analysés au microscope à épifluorescence. Cette méthode permet de rechercher la présence du marqueur au niveau de l'otolithe (Figure 55) afin de calculer les taux de croissance au bout de 6 mois passés dans le milieu.

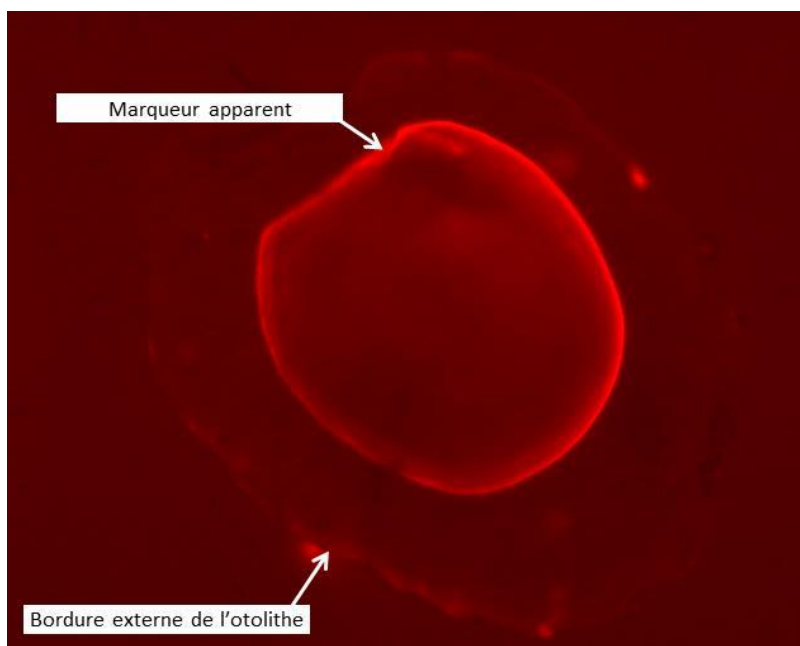


Figure 55 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine issue de l'opération d'alevinage en 2014 (FISH-PASS)

Sur ces mêmes individus, un suivi du parasitisme au niveau de la vessie natatoire a également été réalisé (suivi de la présence actuelle ou passée d'*Anguillicola crassus*).

5.2.5 Présentation des stations de pêche

5.2.5.1 Localisation générale

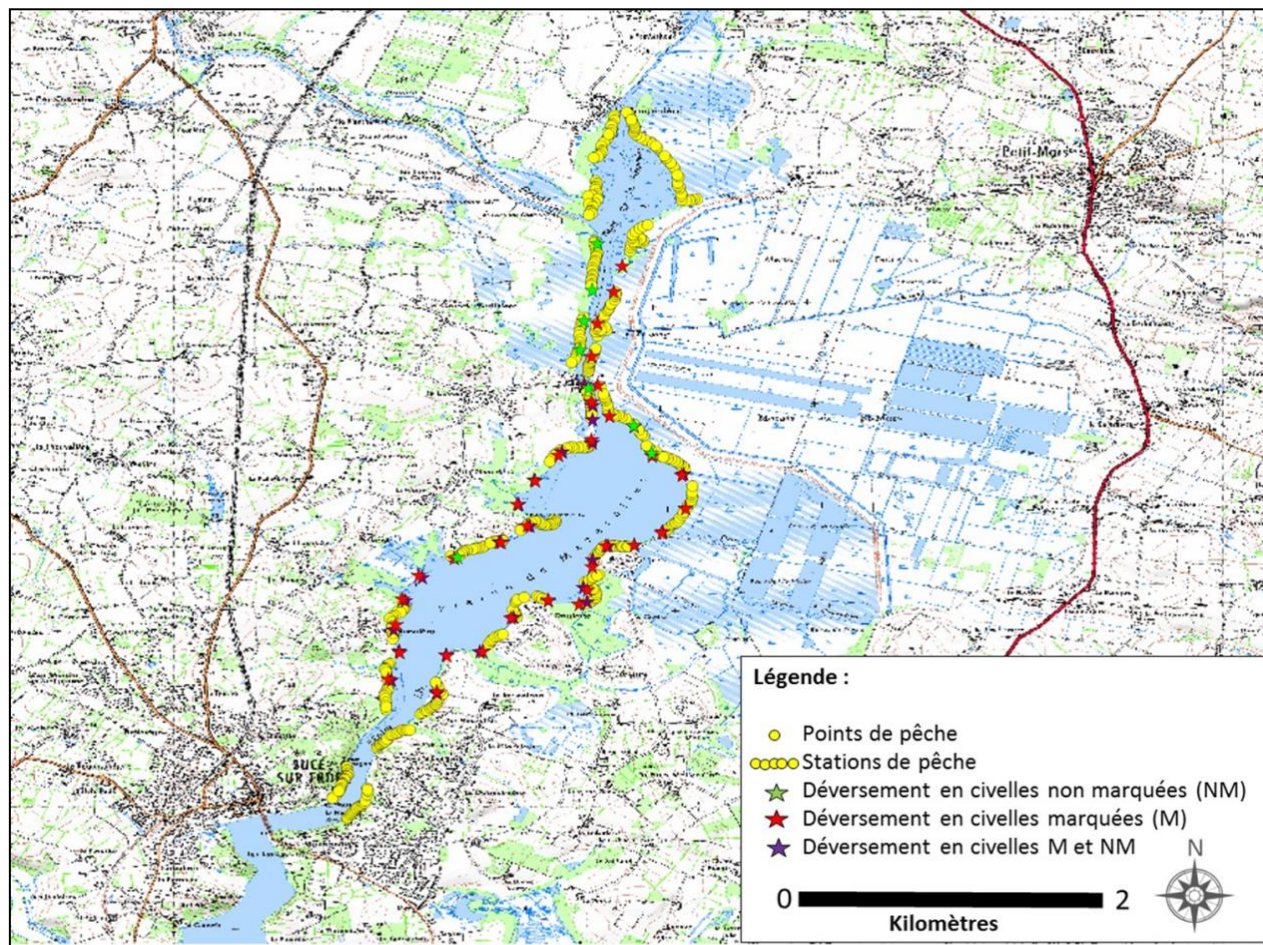


Figure 56 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 6 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.

5.2.5.2 Station 1



Figure 57 : Plan de localisation de la station 1 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 58 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.3 Station 2



Figure 59 : Plan de localisation de la station 2 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 60 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.4 Station 3



Figure 61 : Plan de localisation de la station 3 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 62 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.5 Station 4



Figure 63 : Plan de localisation de la station 4 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 64 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.6 Station 5



Figure 65 : Plan de localisation de la station 5 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 66 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.7 Station 6



Figure 67 : Plan de localisation de la station 6 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 68 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.8 Station 7



Figure 69 : Plan de localisation de la station 7 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 70 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.9 Station 8



Figure 71 : Plan de localisation de la station 8 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 72 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.10 Station 9



Figure 73 : Plan de localisation de la station 9 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 74 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.11 Station 10

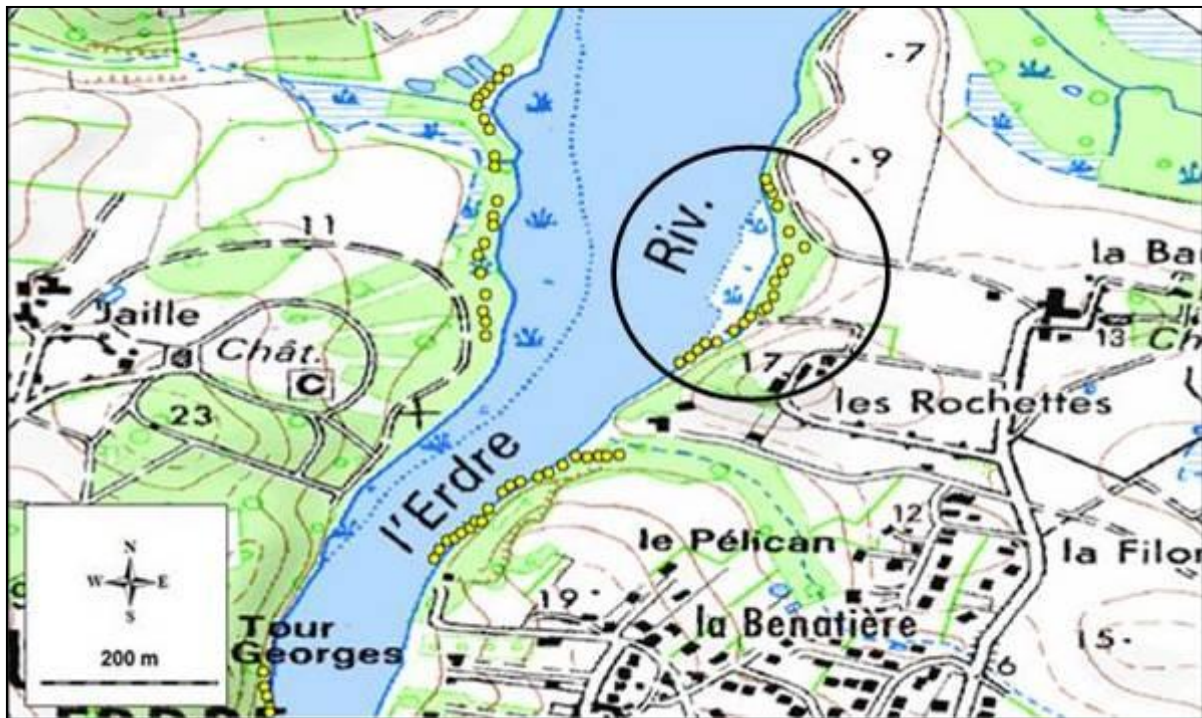


Figure 75 : Plan de localisation de la station 10 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 76 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.12 Station 11



Figure 77 : Plan de localisation de la station 11 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 78 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.13 Station 12



Figure 79 : Plan de localisation de la station 12 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 80 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.14 Station 13



Figure 81 : Plan de localisation de la station 13 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)

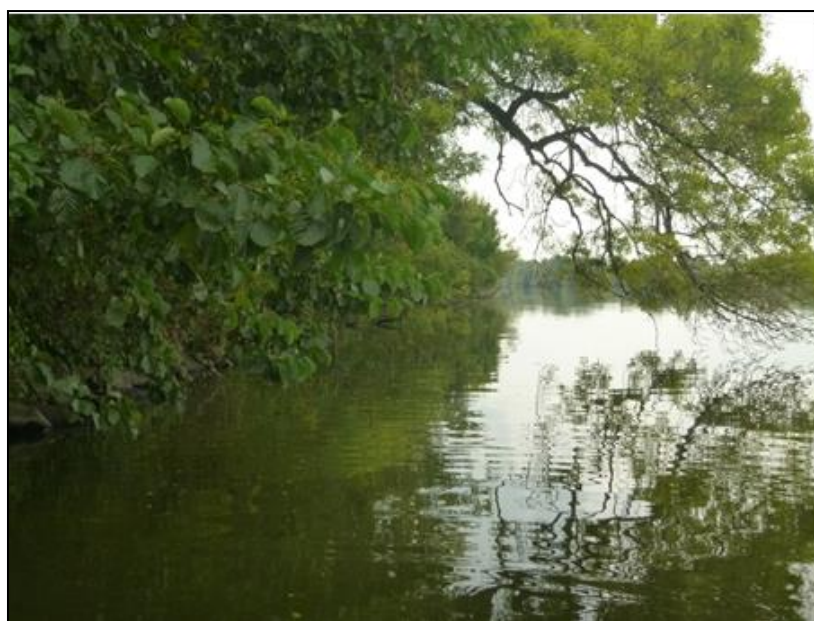


Figure 82 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.15 Station 14



Figure 83 : Plan de localisation de la station 14 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 84 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.16 Station 15



Figure 85 : Plan de localisation de la station 15 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 86 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.17 Station 16



Figure 87 : Plan de localisation de la station 16 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 88 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.18 Station 17

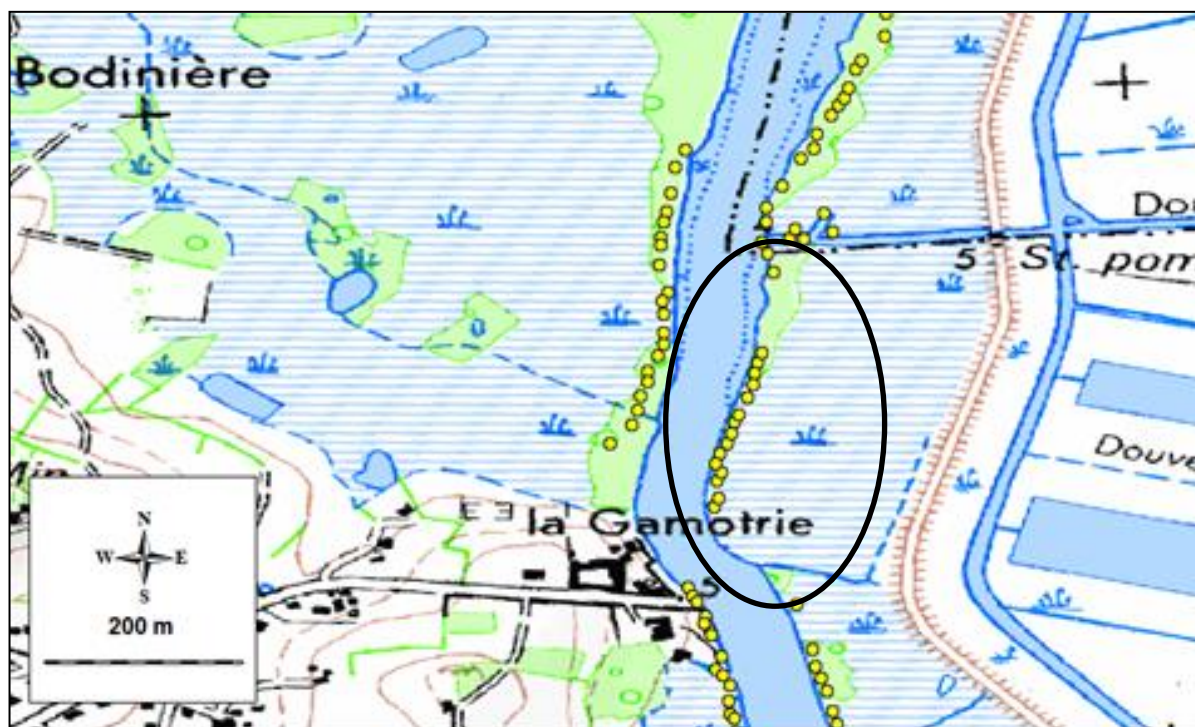


Figure 89 : Plan de localisation de la station 17 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 90: Photo de la station 17 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.19 Station 18



Figure 91 : Plan de localisation de la station 18 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 92: Photo de la station 18 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.20 Station 19

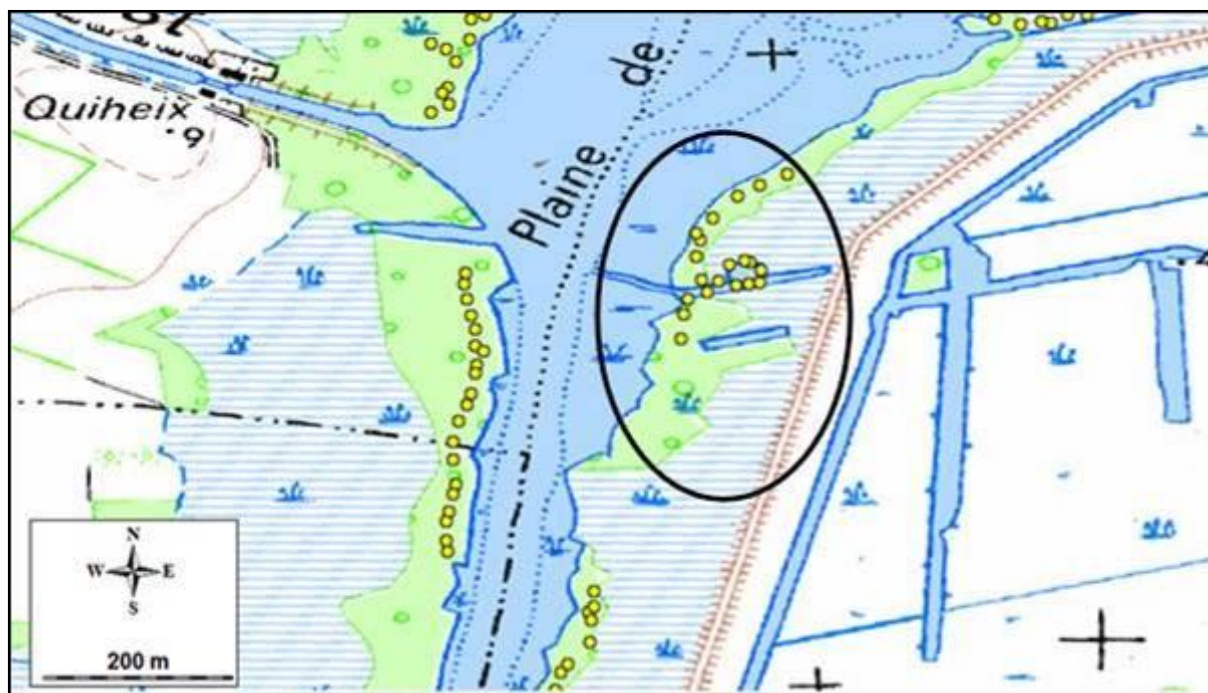


Figure 93 : Plan de localisation de la station 19 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 94 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.21 Station 20



Figure 95 : Plan de localisation de la station 20 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 96 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.22 Station 21

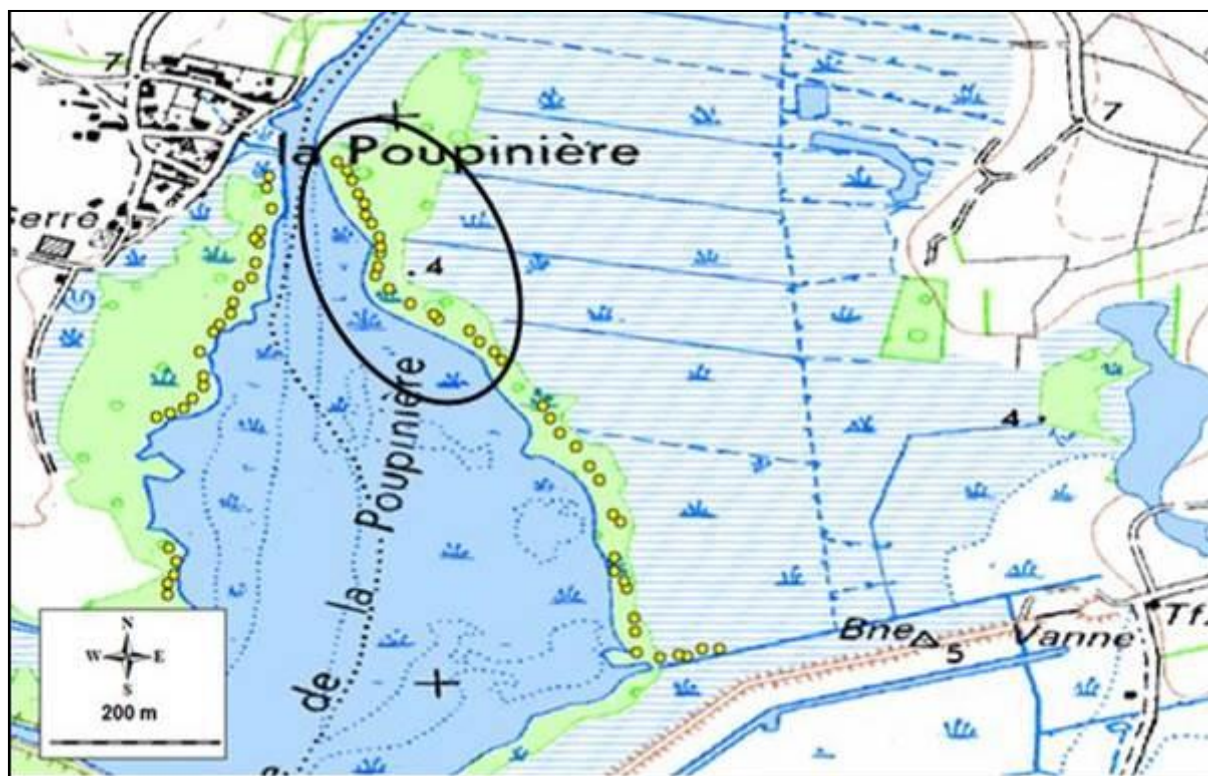


Figure 97 : Plan de localisation de la station 21 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 98 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.23 Station 22

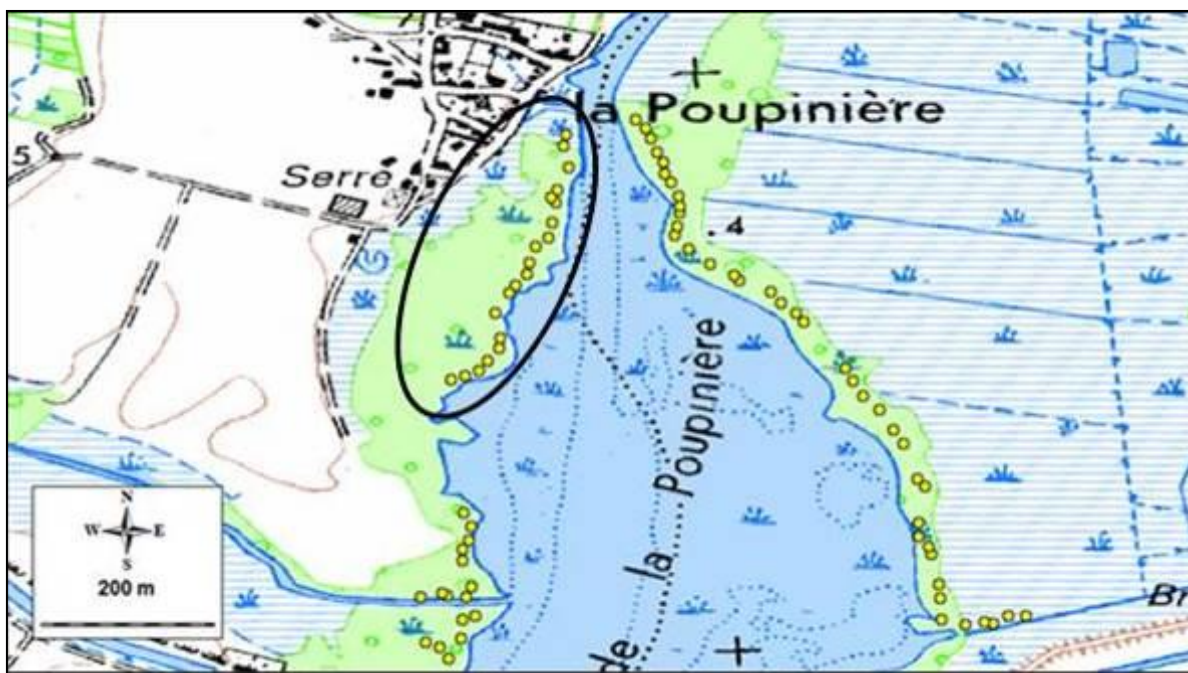


Figure 99 : Plan de localisation de la station 22 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 100 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.24 Station 23

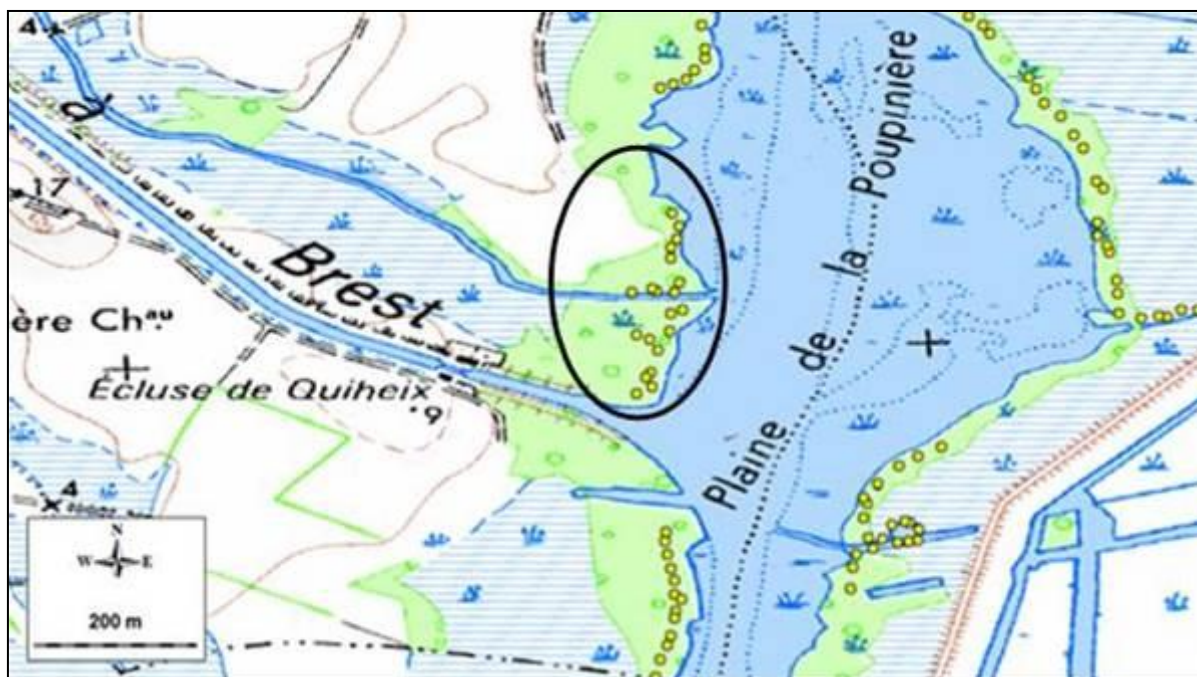


Figure 101 : Plan de localisation de la station 23 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 102 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.25 Station 24



Figure 103 : Plan de localisation de la station 24 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)



Figure 104 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2014)

5.2.5.26 Station 25

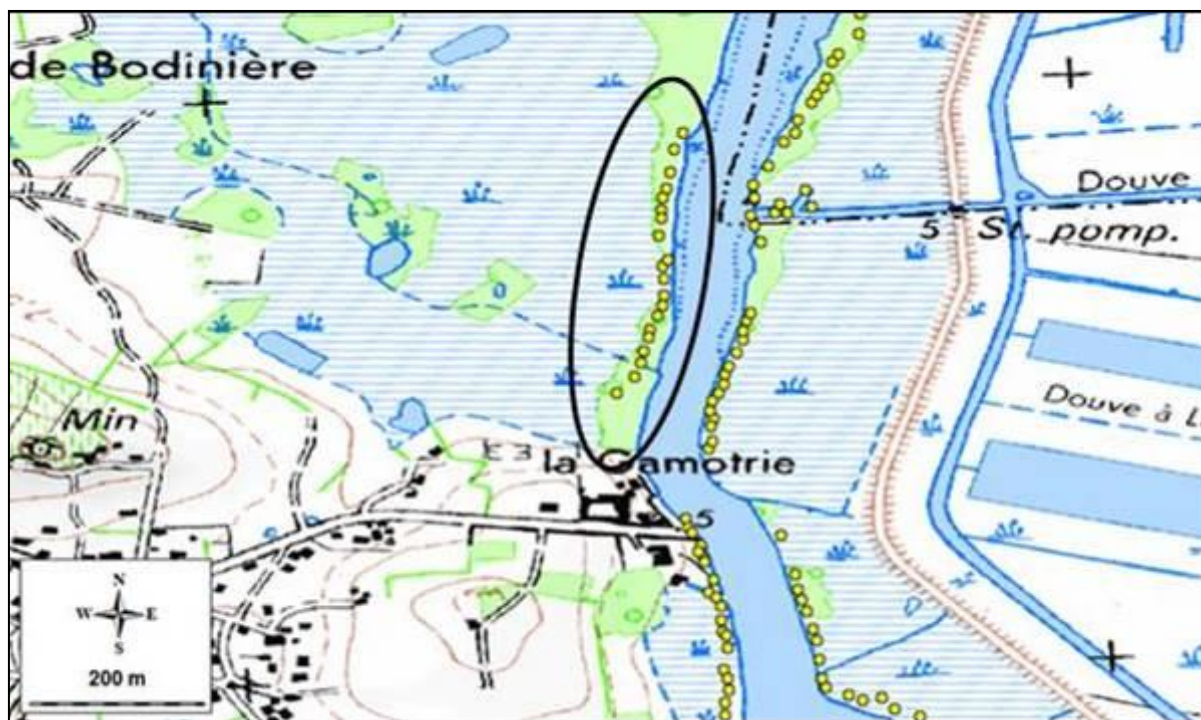


Figure 105 : Plan de localisation de la station 25 (en jaune les points de pêche réalisés en 2014) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2014)

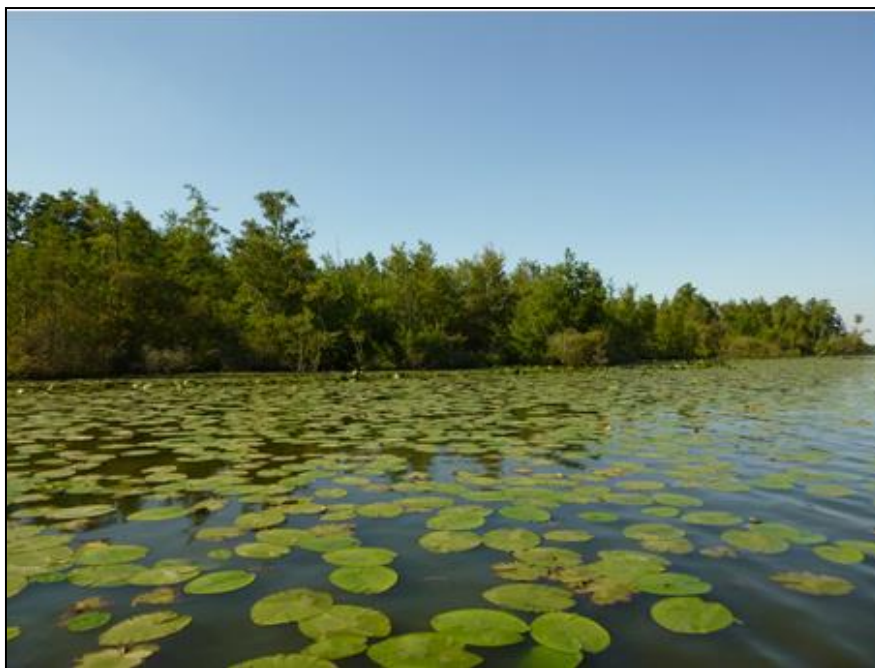


Figure 106 : Photo de la station 25 (FISH-PASS 2014)

5.3 Résultats

5.3.1 Résultats issus des observations sur le terrain

5.3.1.1 Caractéristiques des stations de pêche prospectées

Le Tableau 8 présente les caractéristiques physico-chimiques des différentes stations de pêche électrique.

Température : la température est globalement homogène sur l'ensemble des stations. Les variations observées sont à mettre en relation avec l'heure où la mesure a été prise (min = 22°C ; max = 26,5°C ; moy. = $23,9 \pm 0,95$ °C).

Conductivité : la conductivité est également homogène (min = 355µS ; max= 385µS ; moy. = $372 \pm 9,32$ µS).

O₂ dissous et saturé: les valeurs en oxygène sont très hétérogènes avec des variations qui dépendent à la fois du moment de la journée et du recouvrement par les végétaux aquatiques. (**O₂ dissous** = min: 2,1mg/L; max: 13,5 mg/L; moy.= $7,42 \pm 3,20$ mg/L- **O₂ sat.**= min= 24 %; max= 169 %; moy.= $88,5 \pm 40$ %).

Turbidité : la turbidité de l'eau est comprise entre 6,8 et 48,6 NTU (moy = $23,8 \pm 9,3$ NTU).

PH : le pH est stable sur l'ensemble des stations (moy.= $7,6 \pm 0,26$).

Profondeur : les profondeurs sont assez hétérogènes entre les stations et dépendent du faciès d'écoulement (min: 10cm; max: 160cm; moy.= 55 ± 15 cm).

- Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois -

Tableau 8: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche de l'automne 2014 (FISH-PASS)

Stations	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	O2 dissous (mg/l)	O2 saturation (%)	Turbidité (NTU)	pH	Profondeur moyenne (cm)	Profondeur min (cm)	Profondeur max (cm)
1	08/09/2014	22	375	2,1	24	18,6	7,3	53	10	90
2	08/09/2014	23,4	380	3,3	38	43,41	7,33	43	10	100
3	08/09/2014	23,4	375	9,4	110	30,13	7,73	26	10	50
4	08/09/2014	24,1	380	4,9	58	23,83	7,51	27	10	50
5	08/09/2014	24,5	370	11,3	135	29,43	8,02	61	20	110
6	08/09/2014	24,9	375	12,6	153	24,32	8,25	75	30	100
7	08/09/2014	24,7	380	10,8	130	22,98	7,88	68	20	160
8	09/09/2014	23,3	380	6,5	76	25,57	7,61	33	10	60
9	09/09/2014	23,4	380	4,7	56	24,38	7,44	59	30	100
10	09/09/2014	24	375	9	106	24,94	7,73	44	10	90
11	09/09/2014	24,3	380	8,8	105	48,65	7,62	35	10	100
12	09/09/2014	24,2	380	8,6	103	24,17	7,8	57	20	100
13	09/09/2014	23,7	380	7,1	82	27,12	7,87	45	30	50
14	09/09/2014	23,4	375	10	120	18,65	7,52	64	20	120
15	09/09/2014	26,5	375	13,5	169	19,3	8,16	77	20	160
16	09/09/2014	25,1	368	11,4	139	6,78	7,52	66	20	110
17	10/09/2014	22,7	385	2,7	24	14,64	7,39	74	30	140
18	10/09/2014	22,8	365	3,3	38	18,98	7,47	62	30	120
19	10/09/2014	22,8	360	5,8	67	21,49	7,4	66	20	120
20	10/09/2014	22,9	357	5,9	70	26,87	7,59	60	20	140
21	10/09/2014	23,4	355	6	70	8,93	7,34	72	40	110
22	10/09/2014	24	360	6,8	84	31,45	7,57	65	20	110
23	10/09/2014	24,1	355	9,6	114	28,68	7,86	44	20	80
24	10/09/2014	24,7	360	7,7	93	9,9	7,28	62	20	140
25	10/09/2014	24,5	365	4	48	22,76	7,54	56	10	80

L'occurrence des habitats par station est représentée par la Figure 107. Sur l'ensemble des stations, les principaux habitats rencontrés sont les racines (27,8 %), les encombres (24 %), les hélophytes (18,2 %), la ripisylve (11 %) et les enrochements (10,4 %).

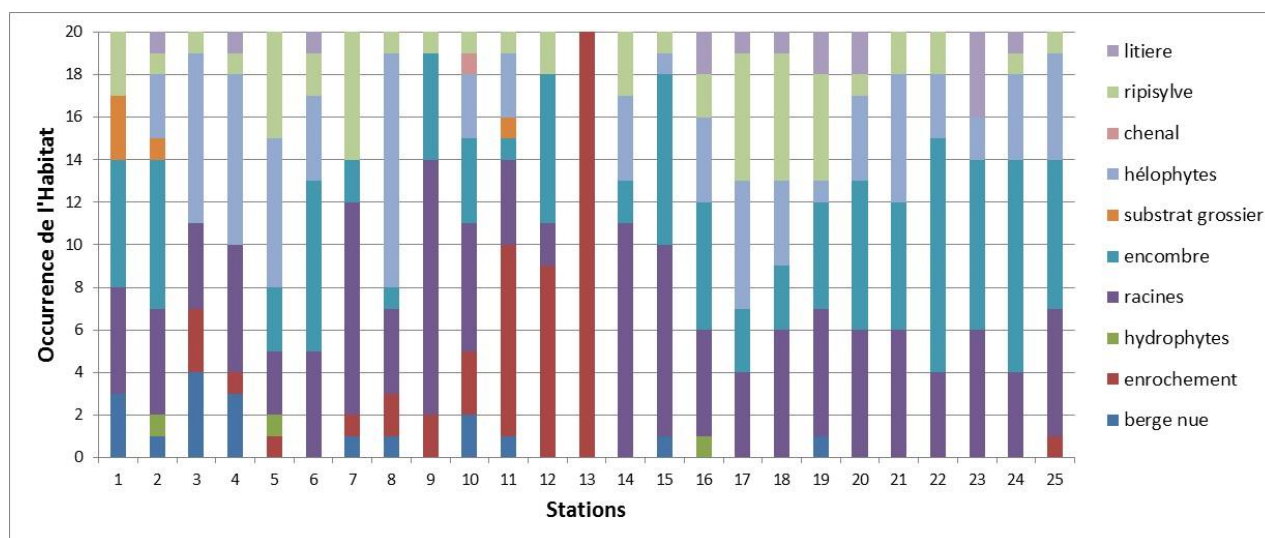


Figure 107 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Automne 2014, FISH-PASS)

- Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois -

L'occurrence des substrats correspondants est représentée par la Figure 108. Sur l'ensemble des stations, les principaux substrats sont les litières et la vase (25,4 %).

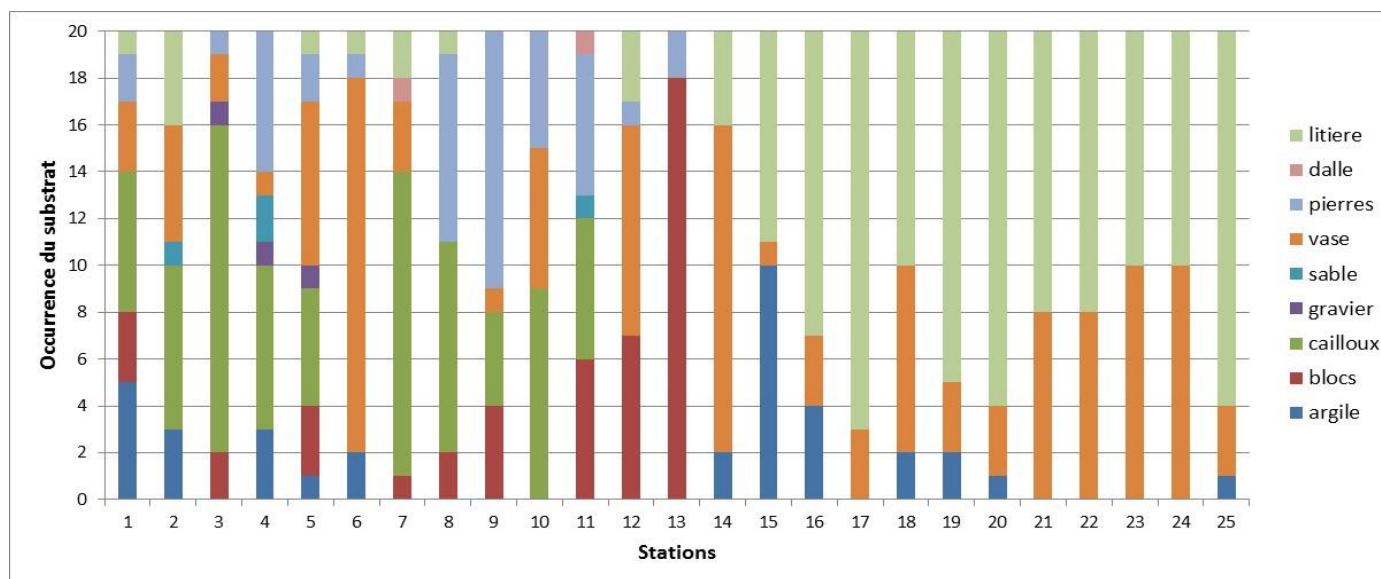


Figure 108 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Automne 2014, FISH-PASS)

5.3.1.2 Résultats des prospections par pêches électriques

- Abondance et données générales sur le peuplement**

Le suivi réalisé sur les 25 stations a permis la capture de **788 anguilles**. Les abondances varient 5 à 93 anguilles par station et leurs tailles sont comprises entre 65 mm et 862 mm (moyenne = $253 \pm 151,3$ mm). Parmi celles -ci, **426 individus appartiennent à la classe de taille inférieure à 130 mm** (Figure 110).

Au moment du suivi à 6 mois, 54.1 % des individus sont dans la classe de taille des individus susceptibles de provenir de l'opération d'alevinage en 2014.

Le Tableau 9 présente, pour chaque station, sa localisation (coordonnées x;y) ainsi qu'une synthèse des captures d'anguilles (abondance, CPUE, biomasse, tailles et nombre d'individus conservés).

La Figure 110 schématise la localisation des stations ainsi que le nombre d'anguilles capturées sur chacune d'entre elles lors de cette première campagne de suivi.

Tableau 9 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)

Station	Limite aval		Limite amont		Abondance	CPUE (nb individus/point)	Abondance ind< 130mm	% ind<130 mm	Biomasse (g)	Taille moyenne (mm)	Taille min (mm)	Taille max (mm)	écart- type	N individus gardé
	X	Y	X	Y										
1	-1,4978320	47,3744000	-1,4984400	47,3774200	47	2	19	0,4042553	3623,4	234,55	72	862	177,3	4
2	-1,5013480	47,3705870	-1,4979030	47,3723500	23	1	18	0,7826087	271,7	124,91	66	456	90,0	4
3	-1,5038780	47,3644830	-1,5011120	47,3653600	48	2	33	0,6875000	726,2	152,60	77	425	101,2	3
4	-1,5098580	47,3622220	-1,5053550	47,3636130	56	3	44	0,7857143	659,2	130,79	71	545	88,8	2
5	-1,5148270	47,3548500	-1,5138930	47,3582680	19	1	10	0,5263158	1017,7	227,95	73	572	165,5	2
6	-1,5153980	47,3486320	-1,5150680	47,3526770	5	0	2	0,4000000	510,3	306,60	81	538	218,1	2
7	-1,5200000	47,3407420	-1,5187650	47,3435170	39	2	18	0,4615385	1131,4	184,87	81	547	118,9	2
8	-1,5187400	47,3389550	-1,5170280	47,3416230	61	3	41	0,6721311	1079,9	153,92	73	476	106,0	2
9	-1,5161780	47,3452300	-1,5133620	47,3468100	22	1	7	0,3181818	1735,5	260,18	81	624	178,7	2
10	-1,5124420	47,3482070	-1,5111420	47,3510080	36	2	24	0,6666667	817,5	144,72	76	659	114,4	2
11	-1,5065780	47,3544630	-1,5016650	47,3583570	61	3	28	0,4590164	3518,1	223,20	71	643	158,8	2
12	-1,4985500	47,3579720	-1,4971470	47,3605550	39	2	16	0,4102564	1910,1	230,26	75	648	150,6	2
13	-1,4976600	47,3617780	-1,4946370	47,3630520	93	5	24	0,2580645	6523,5	274,49	77	630	155,5	2
14	-1,4915350	47,3642300	-1,4891470	47,3683950	16	1	13	0,8125000	136,9	128,31	66	333	89,5	2
15	-1,4898170	47,3697070	-1,4930920	47,3720030	36	2	31	0,8611111	740,7	124,67	70	706	112,5	2
16	-1,4933130	47,3728670	-1,4969730	47,3771800	49	2	43	0,8775510	204,9	107,65	71	366	59,5	2
17	-1,4980820	47,3785080	-1,4968730	47,3821450	29	1	17	0,5862069	918,8	179,21	65	567	138,4	2
18	-1,4964900	47,3822300	-1,4957150	47,3856080	34	2	20	0,5882353	1820,3	205,03	71	613	173,4	2
19	-1,4944850	47,3892150	-1,4929750	47,3915550	14	1	5	0,3571429	1641,1	287,71	85	639	218,2	2
20	-1,4887400	47,3938180	-1,4915400	47,3976620	8	0	2	0,2500000	540,8	255,13	90	555	174,2	2
21	-1,4921800	47,3983830	-1,4947750	47,4015250	10	1	0	0,0000000	304,7	246,50	137	369	91,6	0
22	-1,4976220	47,3974830	-1,4958620	47,4012900	8	0	2	0,2500000	407,2	244,50	107	556	146,8	2
23	-1,4980270	47,3924220	-1,4974300	47,3954180	15	1	3	0,2000000	2923,1	351,93	103	850	232,7	2
24	-1,4977920	47,3861730	-1,4975250	47,3901380	14	1	3	0,2142857	1689,0	329,79	79	718	182,7	2
25	-1,4994950	47,3793600	-1,4984730	47,3833580	6	0	3	0,5000000	738,0	248,50	72	693	248,2	2
Total					788	1,576	426	54,1%	35590,0	253	65	862	151,3	53

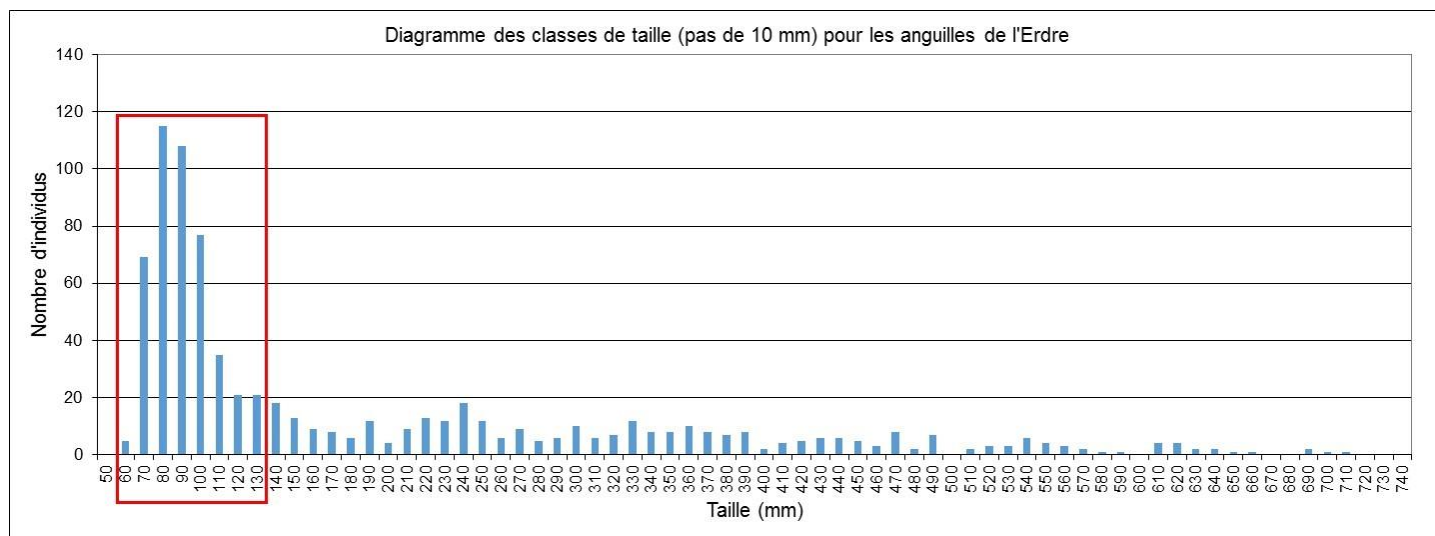


Figure 109 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=788) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).

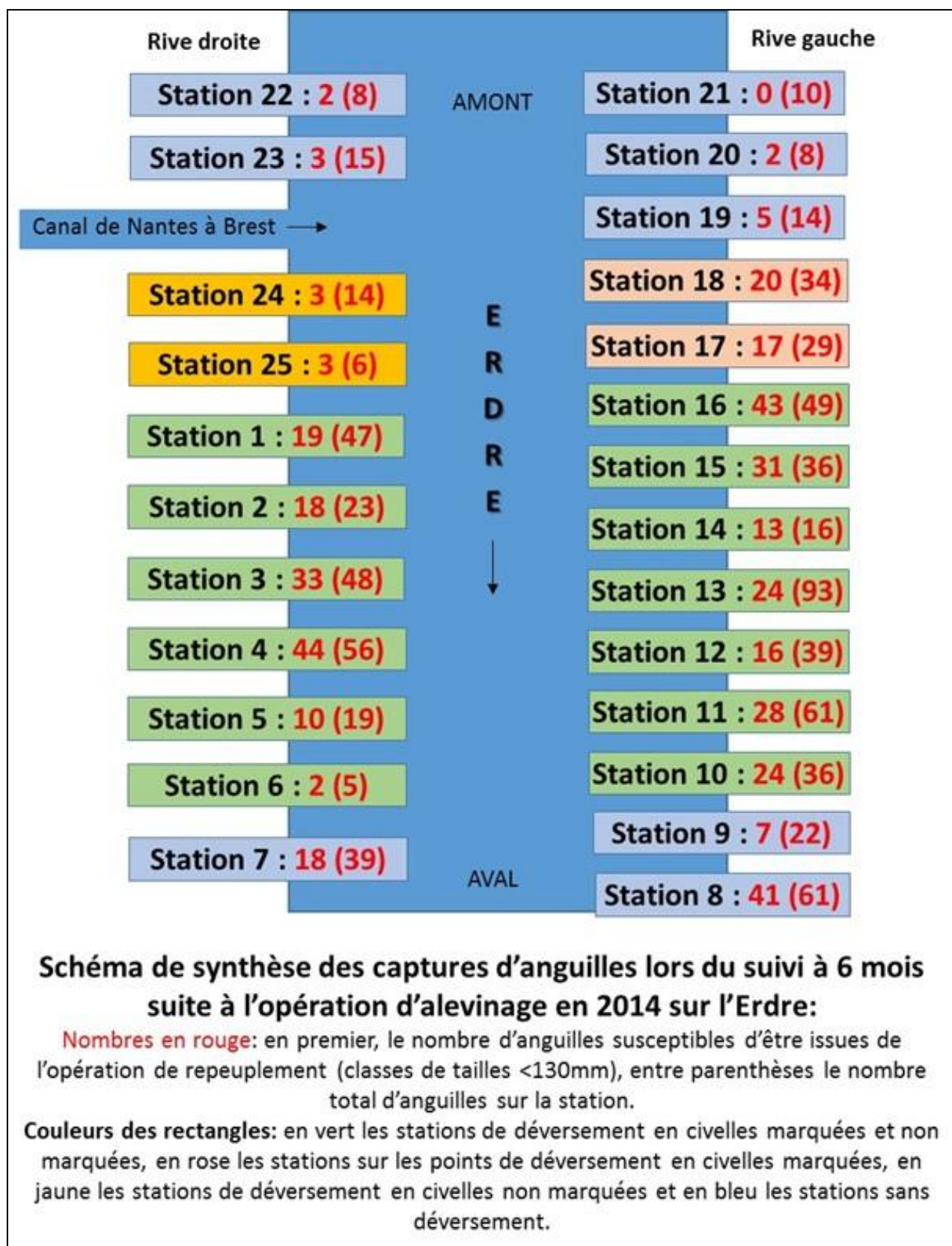


Figure 110 : Schéma de synthèse de la première campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2014)

- Paramètres morpho-métriques

Les individus mesurés et pesés ont permis d'établir une relation taille-poids (Figure 111). La transformation des données par la fonction Ln permet de mettre en évidence une corrélation à 99 % entre le poids et la taille des individus étudiés.

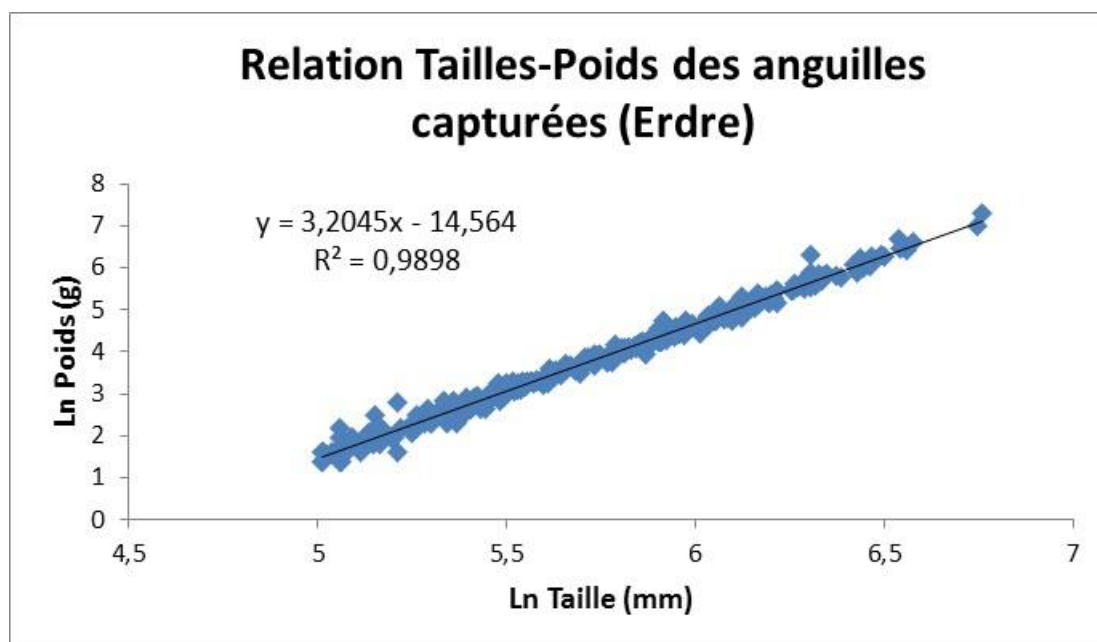


Figure 111 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=324) (Automne 2014, FISH-PASS)

- Relevé des pathologies externes

249 anguilles capturées durant la campagne présentent des lésions externes (Figure 112). Parmi les individus ne présentant aucune pathologie (n=539 ; taille min : 65 mm ; taille max : 613 mm), 76,6 % appartiennent à la classe de taille inférieure à 130 mm.

Onze types de pathologies ont été recensés sur les individus (Figure 113) majoritairement représentés par des érosions cutanées (41 %), des masses et grosseurs (22 %), et des hémorragies (15 %). **Un détail du codage des lésions est disponible en annexe.**

La Figure 114 présente l'occurrence de ces pathologies en fonction des zones corporelles atteintes et de leur intensité.

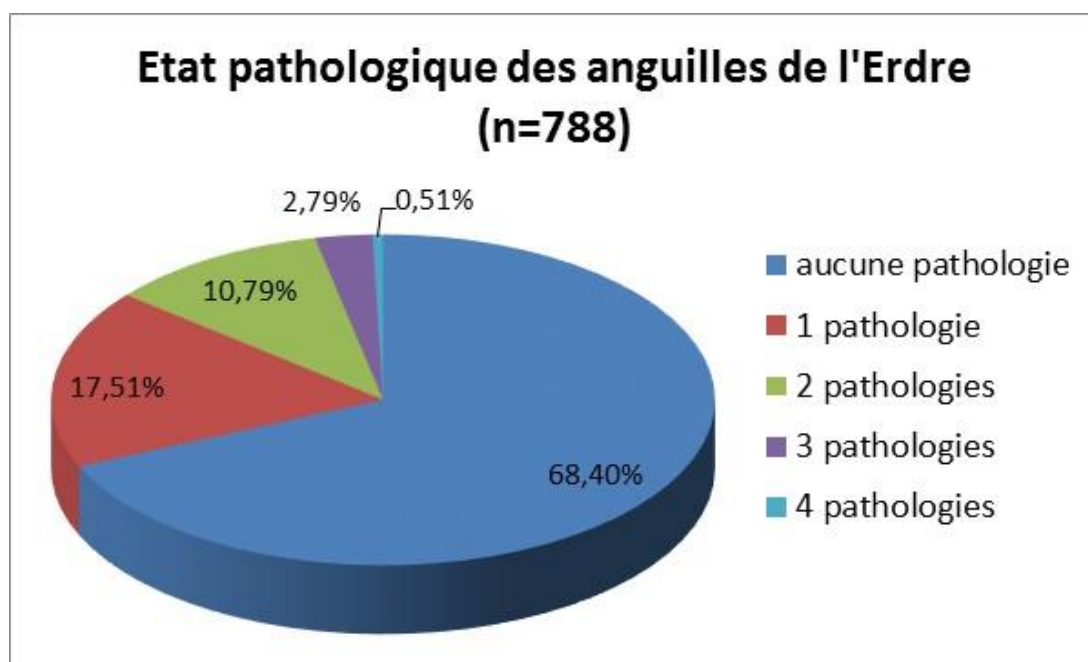


Figure 112 : État pathologique des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Automne 2014, FISH-PASS)

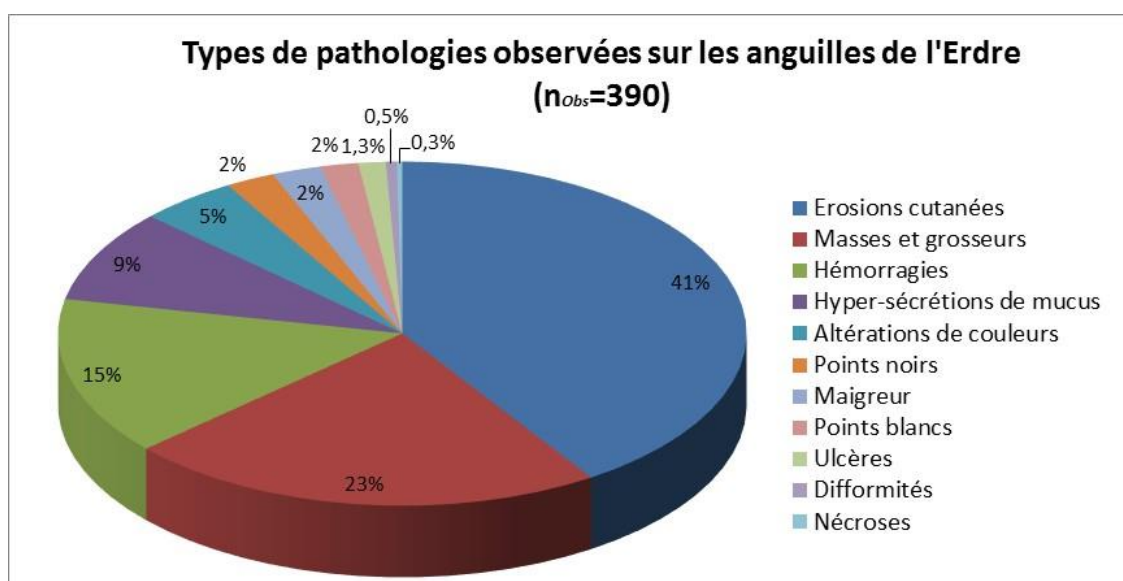


Figure 113 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (N = le nombre de pathologies) (Automne 2014, FISH-PASS)

- Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois -

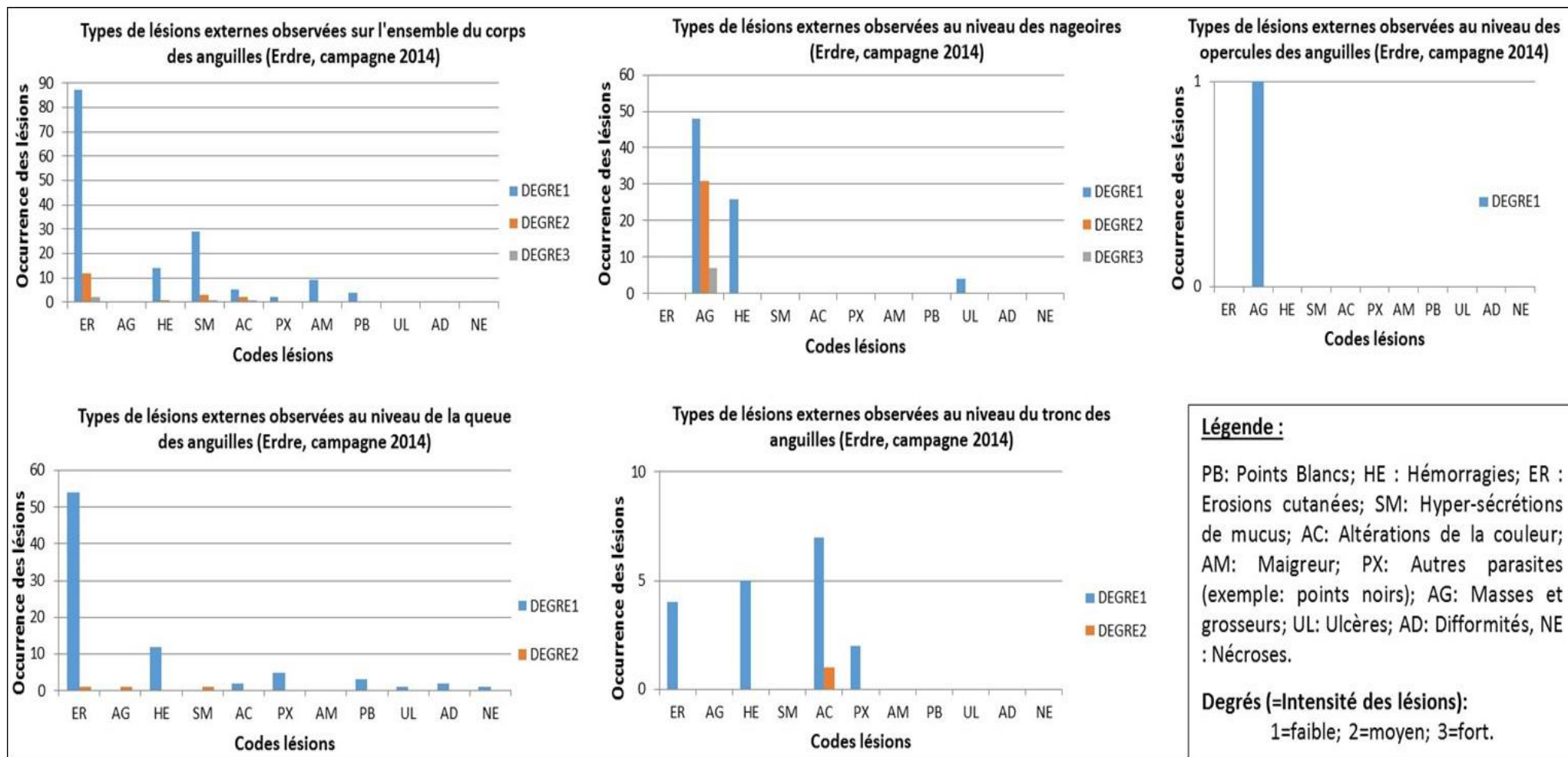


Figure 114 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 6 mois. (FISH-PASS)

5.3.2 Résultats issus des recherches en laboratoire

5.3.2.1 Recherche de marque

Sur 53 anguilles conservées, 15 individus présentent une marque à l'alizarine sur l'otolithe, soit un taux de recapture de 28,3 %. L'estimation de l'âge de ces individus a permis de confirmer leur provenance de l'alevinage en 2014.

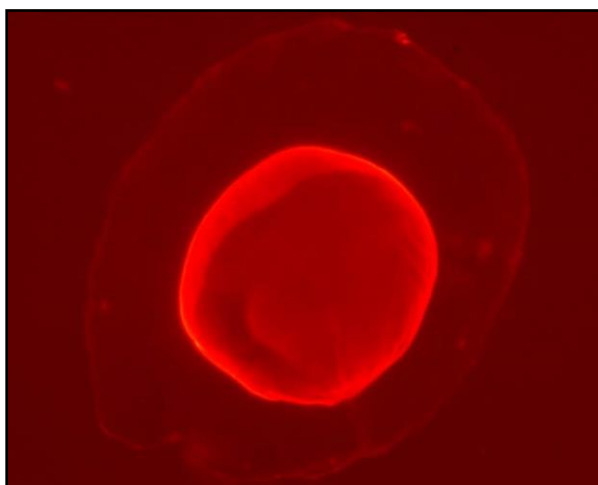


Figure 115 : Exemple : otolithe d'un individu issu du repeuplement sur l'Erdre en 2014 présentant un marquage. (FISH-PASS)

Le Tableau 10 présente les caractéristiques des individus marqués (stations, numéros d'individus, longueurs mesurées sur le terrain et en laboratoire, poids).

Tableau 10 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS)

Station de capture	N° individu	Taille (en mm) terrain	Taille (en mm) labo	Poids (g) labo	Age
1	8	84	81	0,80	6 mois
2	61	99	97	1,17	6 mois
2	64	114	112	1,81	6 mois
3	79	87	84	0,77	6 mois
3	89	97	93	1,18	6 mois
3	97	110	106	1,09	6 mois
6	195	84	90	1,00	6 mois
7	202	86	80	0,61	6 mois
10	322	77	74	0,61	6 mois
11	377	103	98	1,58	6 mois
11	381	117	110	2,00	6 mois
16	636	101	96	1,26	6 mois
19	714	85	82	0,79	6 mois
20	728	90	84	0,84	6 mois
22	747	112	105	1,60	6 mois

- Suivi de l'opération d'alevinage à 6 mois -

La Figure 116 rend compte de la localisation de ces individus marqués suivant le schéma des stations de pêche.



Figure 116 : Schéma de synthèse de la première campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)

5.3.2.2 Parasitologie

Le tableau 11 présente les caractéristiques des anguilles conservées pour la recherche des marquages et pour l'étude du parasitisme interne (vessie natatoire).

Tableau 11 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).

Marquées oui/non		Longueur	Poids	Vessie Natatoire			Parasite
		(mm)	(g)	Opacité	Epaisseur	Pigmentation	(nb)
oui	Moyenne	92,8	1,1	1,2	0,9	1,2	1,1
	Min	74	0,61	0	0	0	0
	Max	112	2	2	2	2	3
	Ecart type	12	0,44	0,9	1,0	0,9	1,2
non	Moyenne	97	1,30	0,8	0,5	0,7	2,1
	Min	78	0,56	0	0	0	0
	Max	117	2,65	3	2	2	5
	Ecart type	10	0,46	0,9	0,7	0,8	1,4
total	Moyenne	96	1,25	0,9	0,6	0,8	1,8
	Min	74	0,56	0	0	0	0
	Max	117	2,65	3	2	2	5
	Ecart type	10	0,45	0,9	0,8	0,9	1,4

Dès le stade précoce de la croissance, 77,3 % des anguilles conservées sont parasitées (figure 117) au niveau de leur vessie natatoire (en moyenne $1,8 \pm 1,4$ parasites/anguille). Parmi les individus non parasités ($n=12$), 58,3 % d'entre eux exposent des traces antérieures de parasitisme et 5 individus ne semblent avoir aucune pathologie dans l'organe considéré (figure 118).

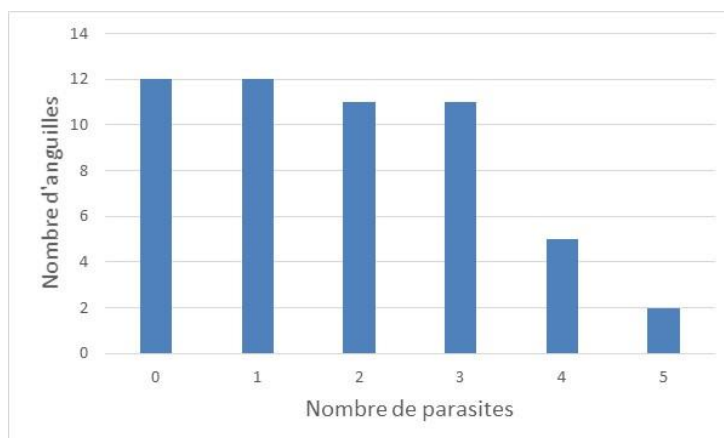


Figure 117 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés ($n=53$) lors du suivi à 6 mois (FISH-PASS)

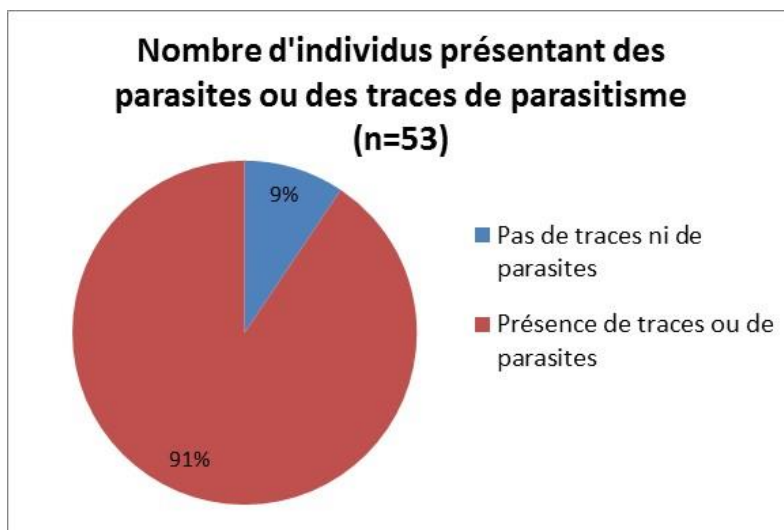


Figure 118 : Analyse du parasitisme (présent ou passé) dans la vessie natatoire des individus conservés lors du suivi à 6 mois (FISH-PASS)

91 % des individus conservés lors du suivi à 6 mois présentent des traces de parasitisme ou sont actuellement parasités.

5.3.2.3 Étude des taux de croissance

Lors du déversement en 2014, les civelles mesuraient en moyenne $69,3 \pm 3,45$ mm (n=50). Six mois plus tard, les anguilles marquées et recapturées mesuraient en moyenne $96,4 \pm 12,7$ mm, soit une croissance d'environ 27 mm (taille terrain).

5.4 Discussion

Les pêches électriques réalisées sur les zones de déversement et à l'amont de celles-ci ont permis la capture de 788 anguilles dont 426 individus de taille inférieure à 130 mm, classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014.

La recapture de 15 individus marqués lors du suivi à 6 mois a permis d'estimer une taille moyenne de $96,4 \pm 12,7$ mm soit, une croissance moyenne de 27 mm en 6 mois. Chez cette espèce, les taux de croissance varient fortement à l'échelle interindividuelle et populationnelle. La température (liée à la situation géographique, aux caractéristiques hydro-morphologiques et à la saison), la disponibilité alimentaire, le stress et la qualité du milieu interagissent fortement sur le développement de cette espèce. Bien qu'il ne soit pas possible de connaître lors du déversement, les tailles exactes des anguilles étudiées, il semblerait que les taux de croissance des anguilles sur l'Erdre soient élevés.

Ces mêmes individus marqués ont été recapturés à proximité ou sur des stations sur lesquelles les civelles marquées avaient été déversées. Il faut noter que ce milieu est de grandes dimensions, et qu'il laisse la possibilité aux anguilles déversées de coloniser l'amont. Par ailleurs, la possibilité d'un recrutement naturel en civelles pourrait provoquer un effet de dilution de la population déversée. La probabilité de recapture serait donc très faible dans la mesure où il y aurait une forte dispersion des individus. Or, un taux de recapture à 28,3 % est non négligeable car ce chiffre correspond au pourcentage de civelles marquées par rapport à la quantité globale déversée sur ce cours d'eau. Cela suggère d'une part, que les civelles assurent leurs premières années de croissance dans les habitats environnants à la zone de déversement et d'autre part, que la dilution par le recrutement naturel paraît faible.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, les paramètres physico-chimiques étudiés ne permettent pas la détection d'anomalie. Le milieu présente une grande diversité d'habitats propices aux peuplements piscicoles. Pourtant, l'état sanitaire des anguilles est moyen, car 31,6 % des anguilles capturées présentent des lésions externes et 77,3 % des individus conservés sont affectés par *Anguillicola crassus*. La forte prédominance de kystes (masses et grosseurs) et d'hémorragies observée sur les anguilles suggère que finalement, la qualité du milieu pourrait être contraignante pour le développement de cette espèce.

5.5 Perspectives

Cette opération d'alevinage sera ainsi suivie sur 3 ans afin d'évaluer sa contribution au stock d'anguille présent dans l'Erdre. Ainsi, deux autres campagnes de pêche seront programmées aux printemps 2015 et 2017. Ces campagnes permettront :

- d'établir un état des lieux de la population en place (effectifs, évolution des classes de tailles, état sanitaire des anguilles).
- de rechercher des individus marqués lors du déversement en 2014 afin d'étudier les taux de croissance de cette population à l'échelle du bassin. Les individus conservés permettront également d'étudier le parasitisme au niveau de leur vessie natatoire.

6 Suivi de l'opération d'alevinage à 12 mois

6.1 Objectif

L'objectif de ce suivi est d'évaluer la contribution des individus alevinés au soutien de la population en place.

6.2 Matériel et Méthode

L'échantillonnage des anguilles a été réalisé par pêche électrique en utilisant la méthode des **Échantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA)**. Ce type de protocole nécessite une demande d'autorisation auprès de la DDTM de la Loire-Atlantique (Arrêté Préfectoral). L'ONEMA, la DDTM et la fédération de pêche ont été informés des dates de pêche pour cette campagne intitulée « Printemps 2015, campagne de suivi 2 ».

Le suivi de l'alevinage à 1 an a été réalisé du 26 au 28 Mai 2015.

6.2.1 Présentation du matériel

Les pêches électriques ont été effectuées en bateau, au moyen d'un FEG 8000 de marque EFKO. Nous disposons également d'un appareil de secours, un EL64-II de marque Hans Grassl. Nos équipements sont conformes à la norme **CEI 60335-2-86**⁵ et font l'objet de contrôles réguliers par un organisme indépendant afin de détecter les défaillances mécaniques et électriques éventuelles.

6.2.2 Moyens humains

Les pêches électriques en bateau nécessitent 4 personnes:

une personne à l'anode,

une personne à l'épuisette,

une personne au pilotage du bateau et à la sécurité,

une personne au chronomètre, au GPS et à la sécurité.

⁵ **CEI 60335-2-86**, Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues – Partie 2-86; règles particulières pour les équipements électriques de pêche.

6.2.3 Méthode d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage des poissons à l'électricité, adopté, est conforme aux normes NF T90-344⁶, EN 14011⁷ et EN 14962⁸. Il s'appuie sur la "**Notice de présentation et d'utilisation de l'IPR**" (Onema, 2006) ainsi que sur le "**Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité**" (Belliard et al., Onema, 2008).

L'équipement (groupe électrogène) a été installé sur le bateau. Le courant utilisé est de type CC (lisse ou pulsé). Le suivi de l'alevinage a été réalisé avec la méthode des EPA (Nelva et *al.*, 1979). Cette méthode consiste à effectuer de petits échantillons, mais nombreux. Elle permet de rendre compte de la diversité des milieux rencontrés et de la présence du peuplement piscicole pour chaque fasciés prospecté.

Au niveau de la zone d'étude, 25 stations de pêche d'une longueur de 200 mètres ont été définies. Leur localisation est choisie en fonction des zones alevinées en respectant un écartement homogène sur le linéaire. De cette façon, les stations ont été définies en alternant entre la rive droite et la rive gauche.

Sur chaque station, 20 points de pêche ont été réalisés en berge et tous les 10 mètres de manière à garantir un échantillonnage aléatoire. Chaque point est pêché pendant 30 secondes

Les coordonnées GPS, l'habitat, le type de substrat et la présence d'anguilles sont recensés sur chaque point de pêche à l'aide d'un *Gétac PS236*.

La turbidité, l'oxygène, le pH, la conductivité et la température de l'eau sont mesurés au niveau de chaque station.

La progression des EPA s'effectue de l'aval vers l'amont afin d'assurer un déplacement face au flot pour éviter de remuer le sédiment au niveau des points encore non pêchés.

⁶ NF T90-344 : détermination de l'Indice Poisson rivière 'IPR'

⁷ EN 14011 : Echantillonnage des poissons à l'électricité

⁸ EN 14962 : Guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage de poissons.

6.2.4 Traitement des poissons

Au niveau de chaque station, les anguilles capturées ont été mesurées, pesées et les pathologies externes ont été recensées. Lors de cette campagne, 55 individus ayant une classe de taille inférieure à 150 mm ont été conservés pour le suivi du marquage à l'alizarine.

Leurs otolithes ont été prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix (1992) pour être analysés au microscope à épifluorescence. Cette méthode permet de rechercher la présence du marqueur au niveau de l'otolithe (Figure 55) afin de calculer les taux de croissance au bout d'un an passé dans le milieu. L'estimation de l'âge à partir des otolithes permettra également de valider l'appartenance des individus conservés à la même cohorte que celle de l'année d'alevinage.

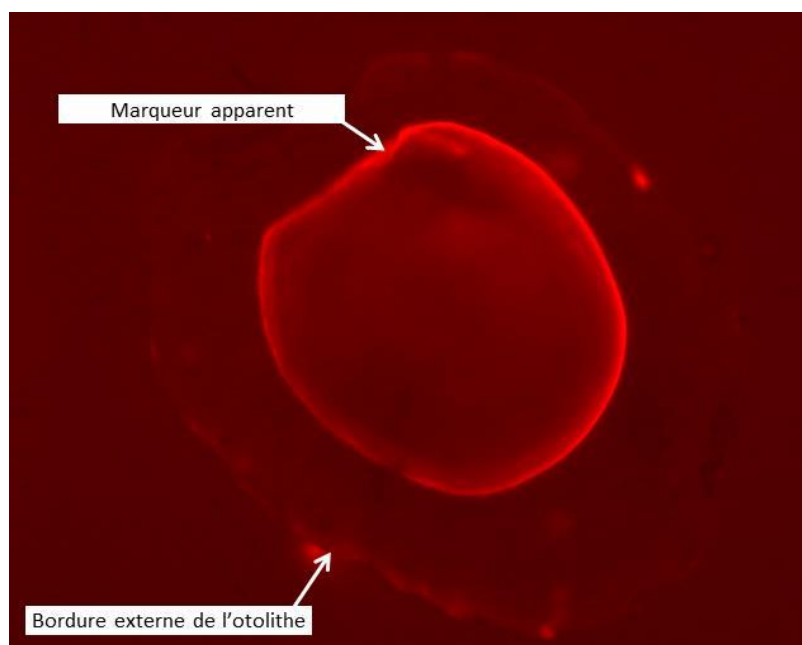


Figure 119 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine suite à une opération d'alevinage (FISH-PASS).

Sur ces mêmes individus, un suivi du parasitisme au niveau de la vessie natatoire a également été réalisé (suivi de la présence actuelle ou passée d'*Anguillicola crassus*).

6.2.5 Présentation des stations de pêche

6.2.5.1 Localisation générale

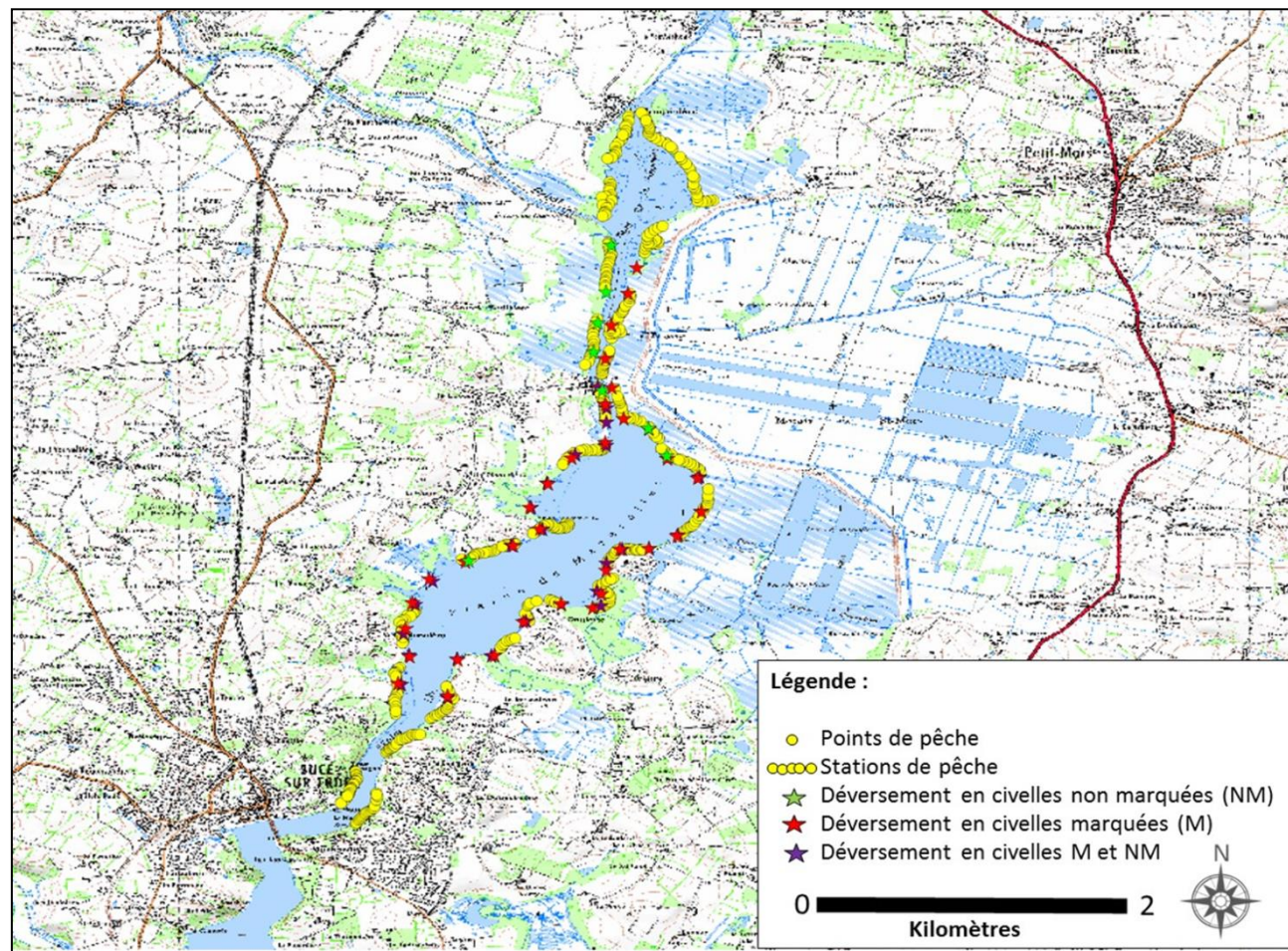


Figure 120 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 12 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.

6.2.5.2 Station 1

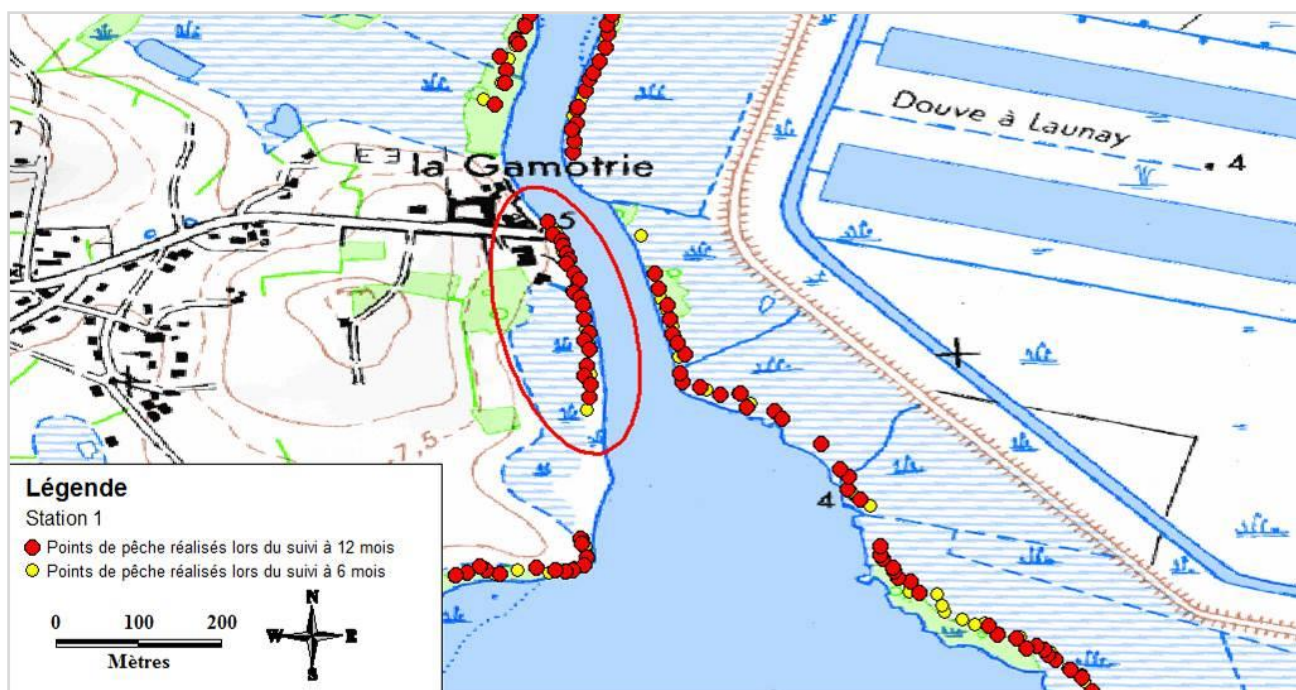


Figure 121 : Plan de localisation de la station 1 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 122 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.3 Station 2

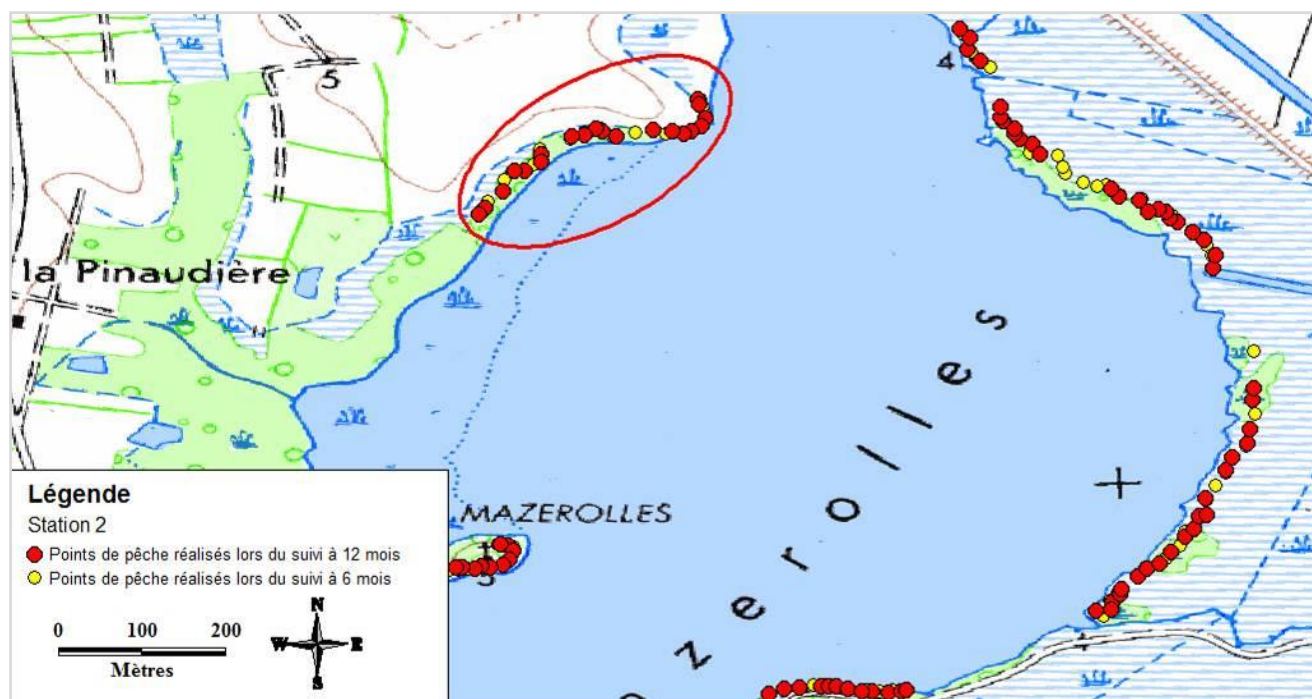


Figure 123 : Plan de localisation de la station 2 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 124 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.4 Station 3

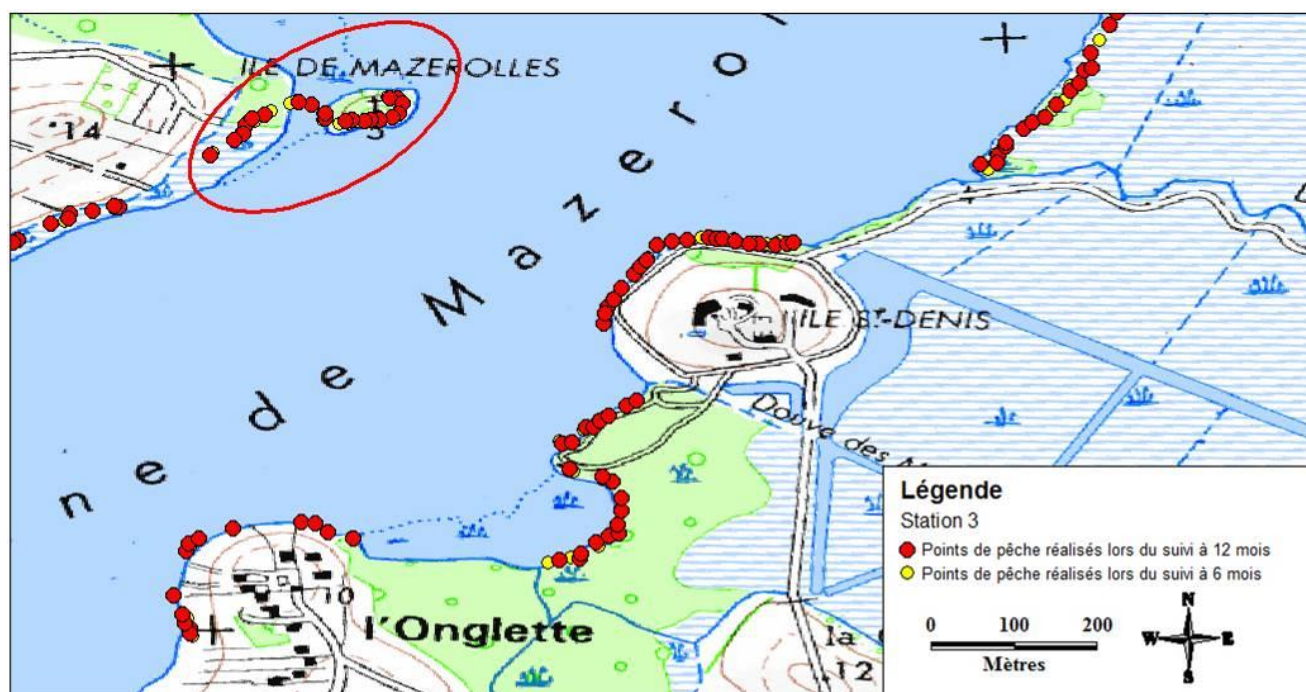


Figure 125 : Plan de localisation de la station 3 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 126 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.5 Station 4

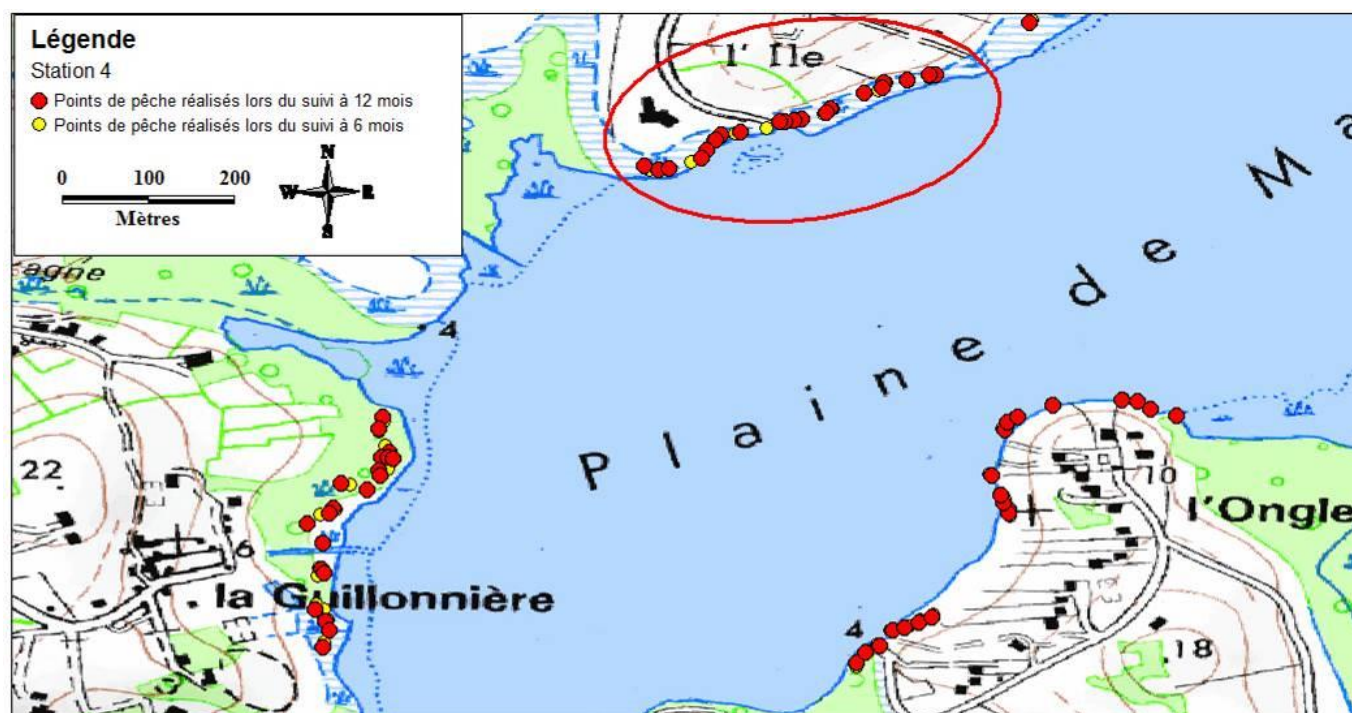


Figure 127 : Plan de localisation de la station 4 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 128 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.6 Station 5

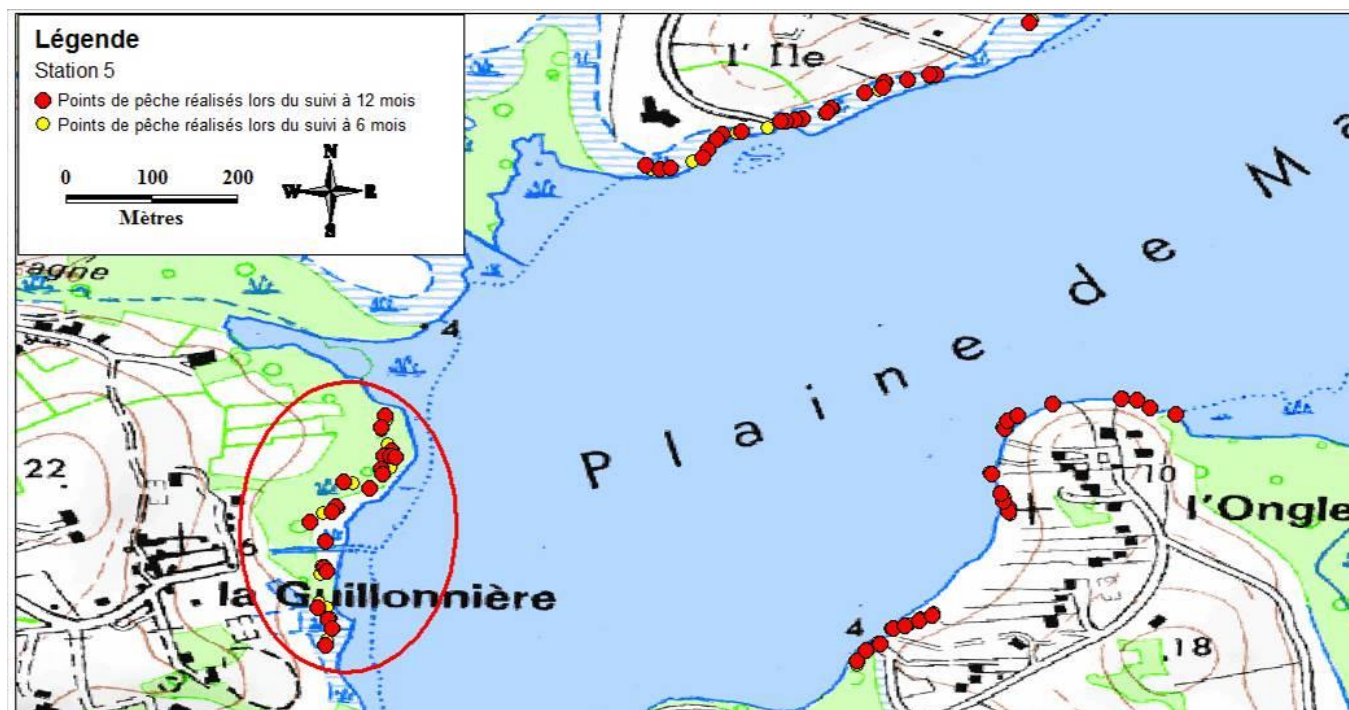


Figure 129 : Plan de localisation de la station 5 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 130 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.7 Station 6

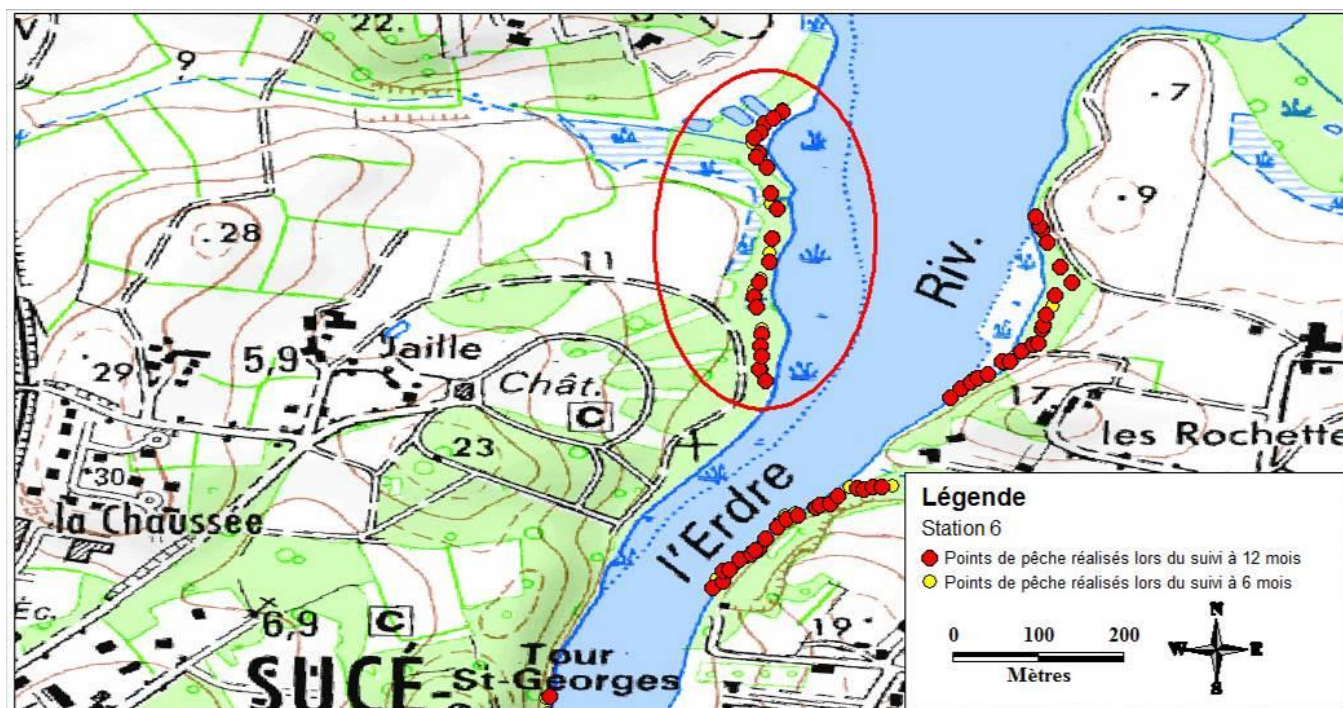


Figure 131 : Plan de localisation de la station 6 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 132 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.8 Station 7

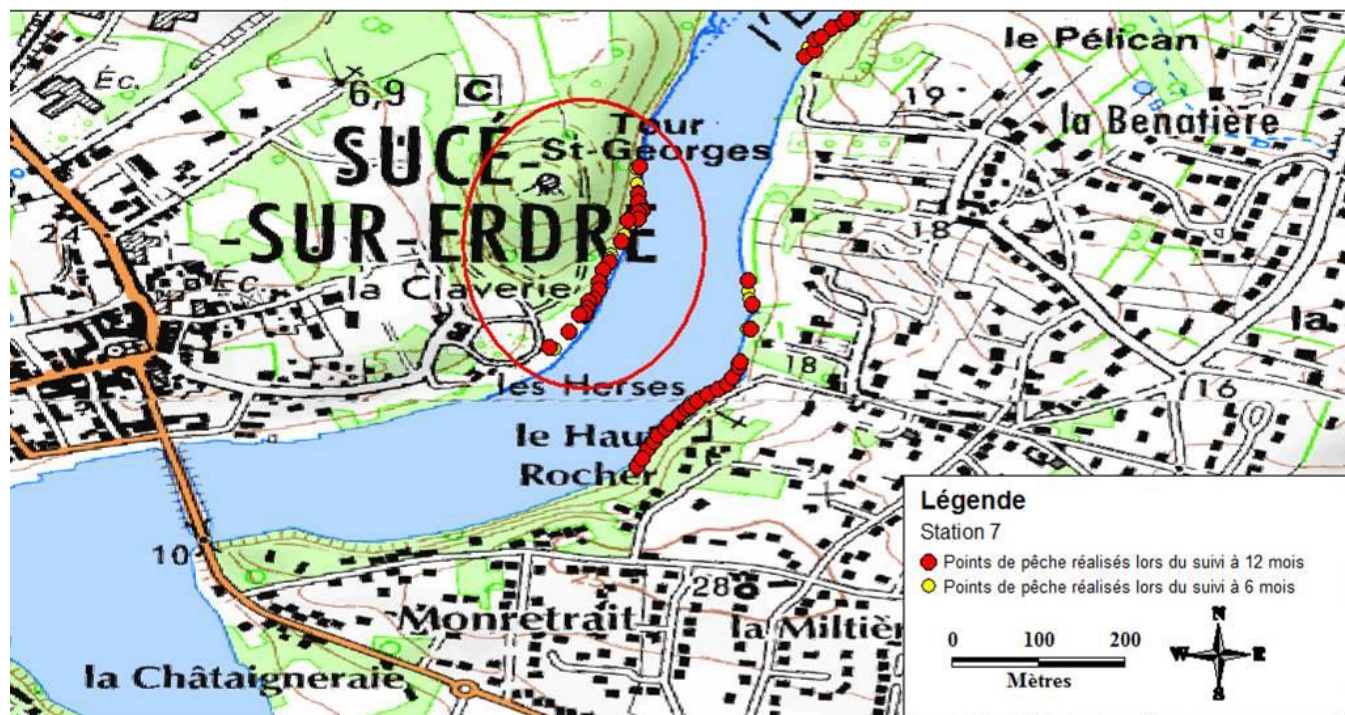


Figure 133 : Plan de localisation de la station 7 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 134 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.9 Station 8

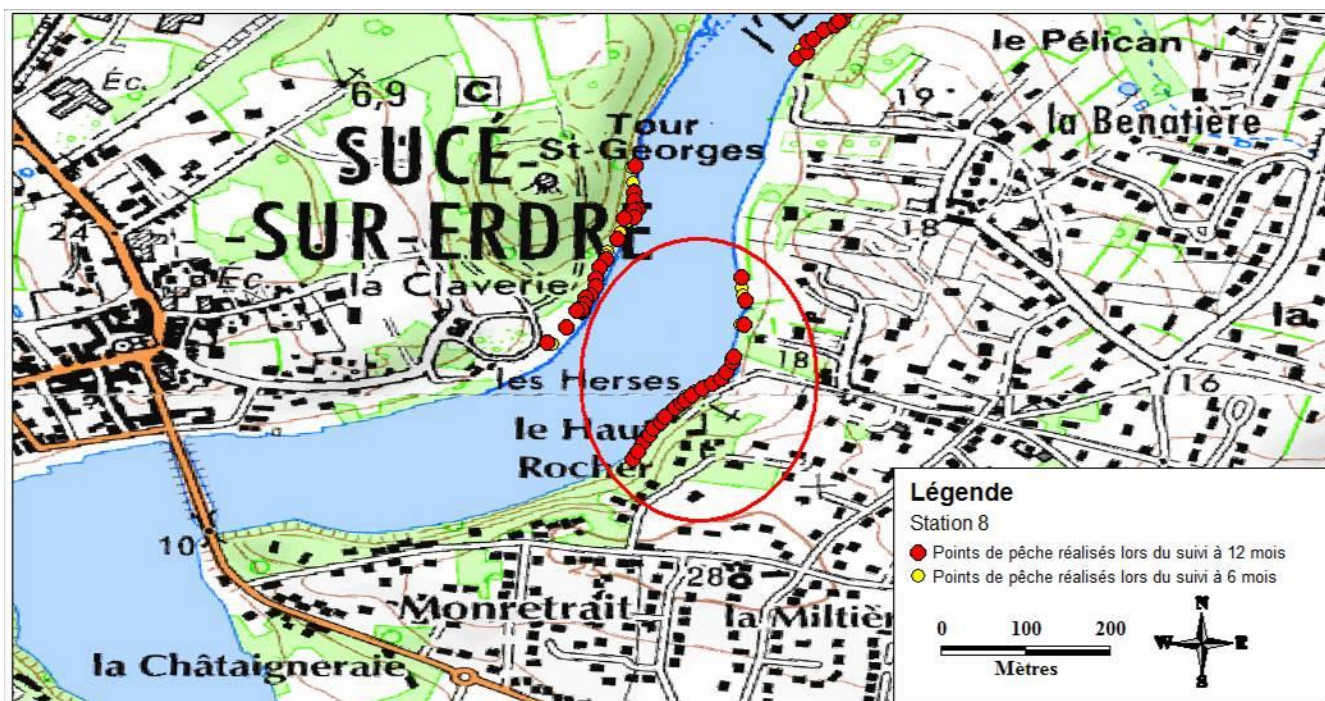


Figure 135 : Plan de localisation de la station 8 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 136 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.10 Station 9

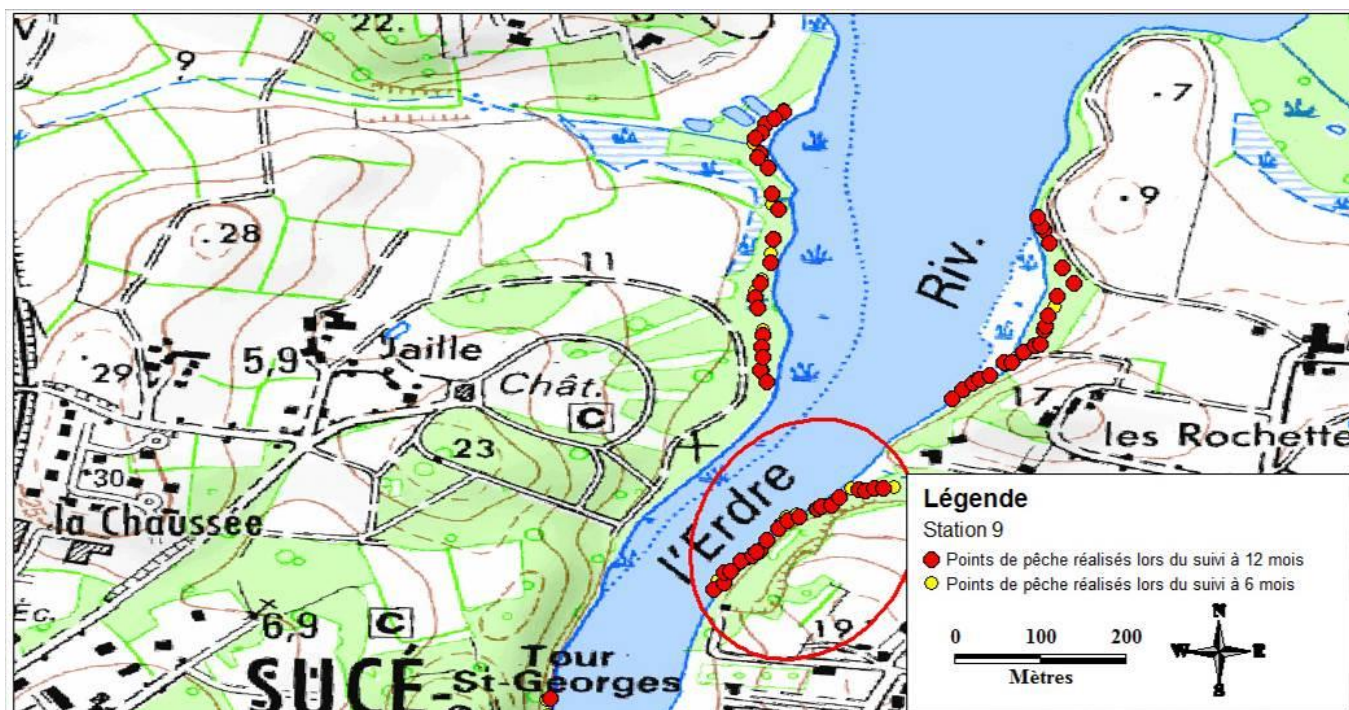


Figure 137 : Plan de localisation de la station 9 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 138 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.11 Station 10

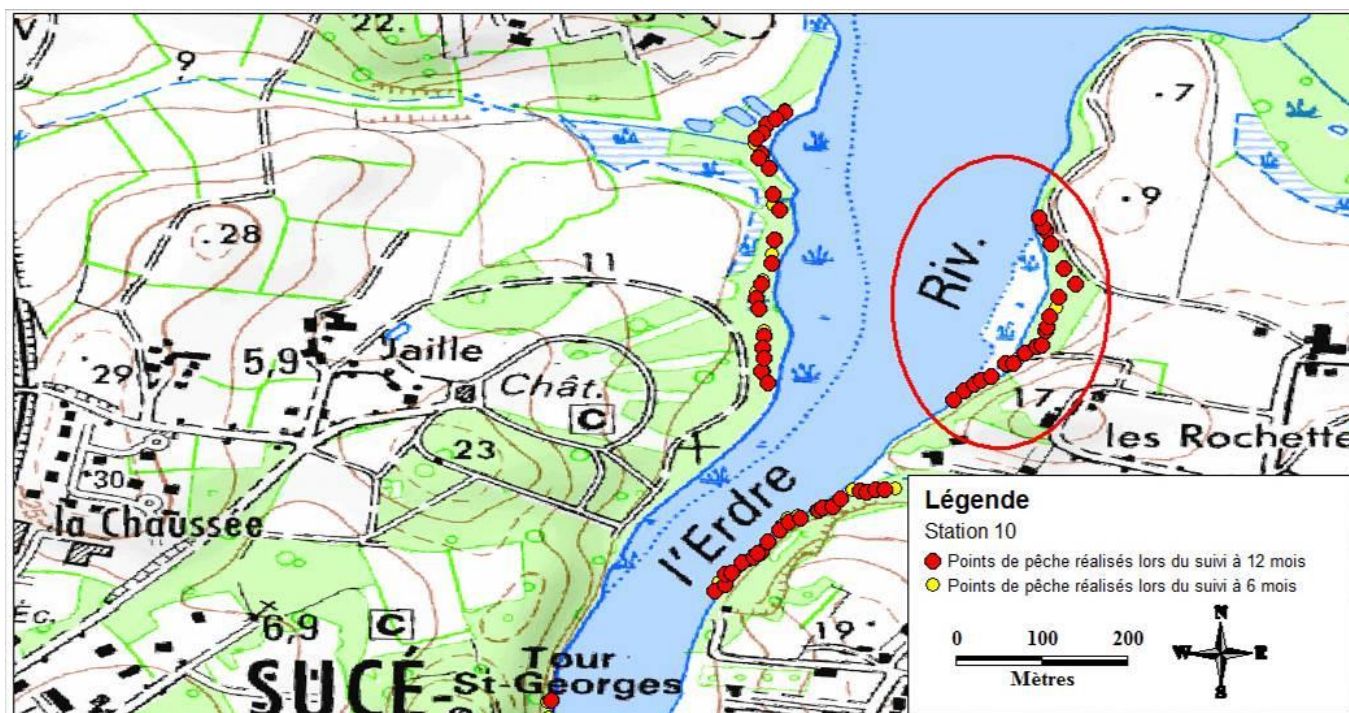


Figure 139 : Plan de localisation de la station 10 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 140 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.12 Station 11

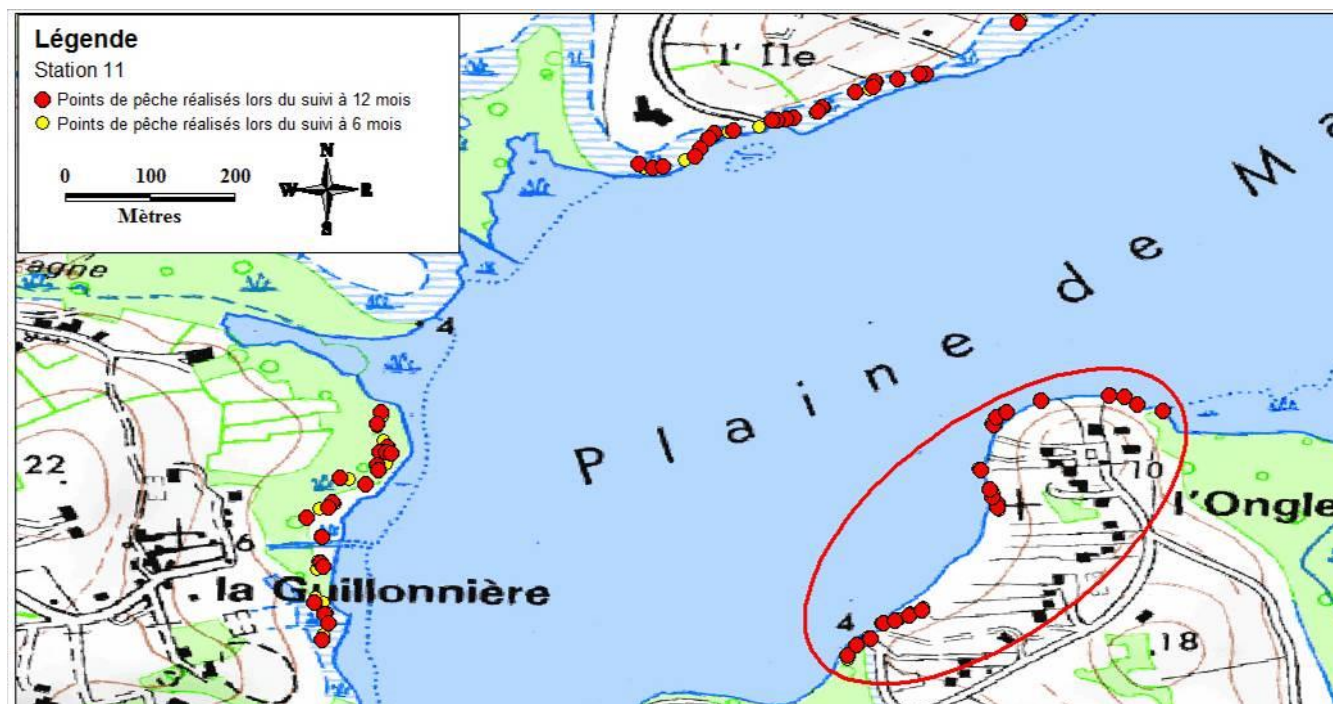


Figure 141 : Plan de localisation de la station 11 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 142 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.13 Station 12

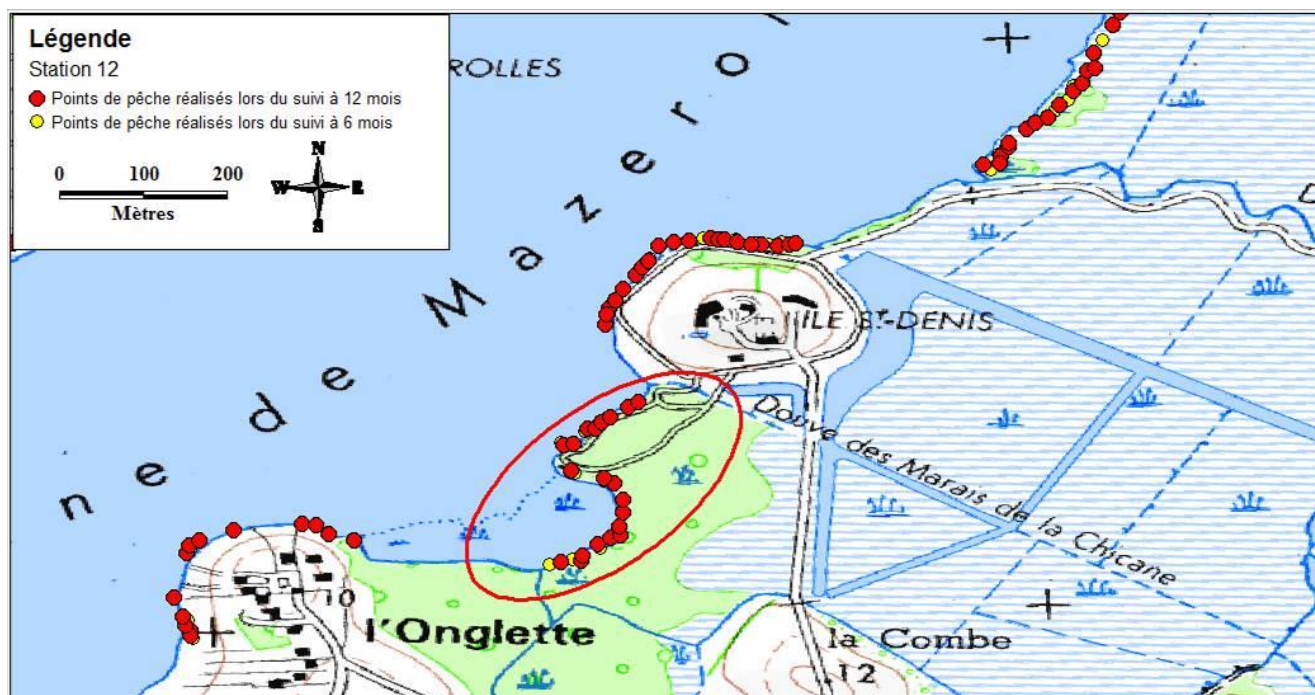


Figure 143 : Plan de localisation de la station 12 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 144 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.14 Station 13

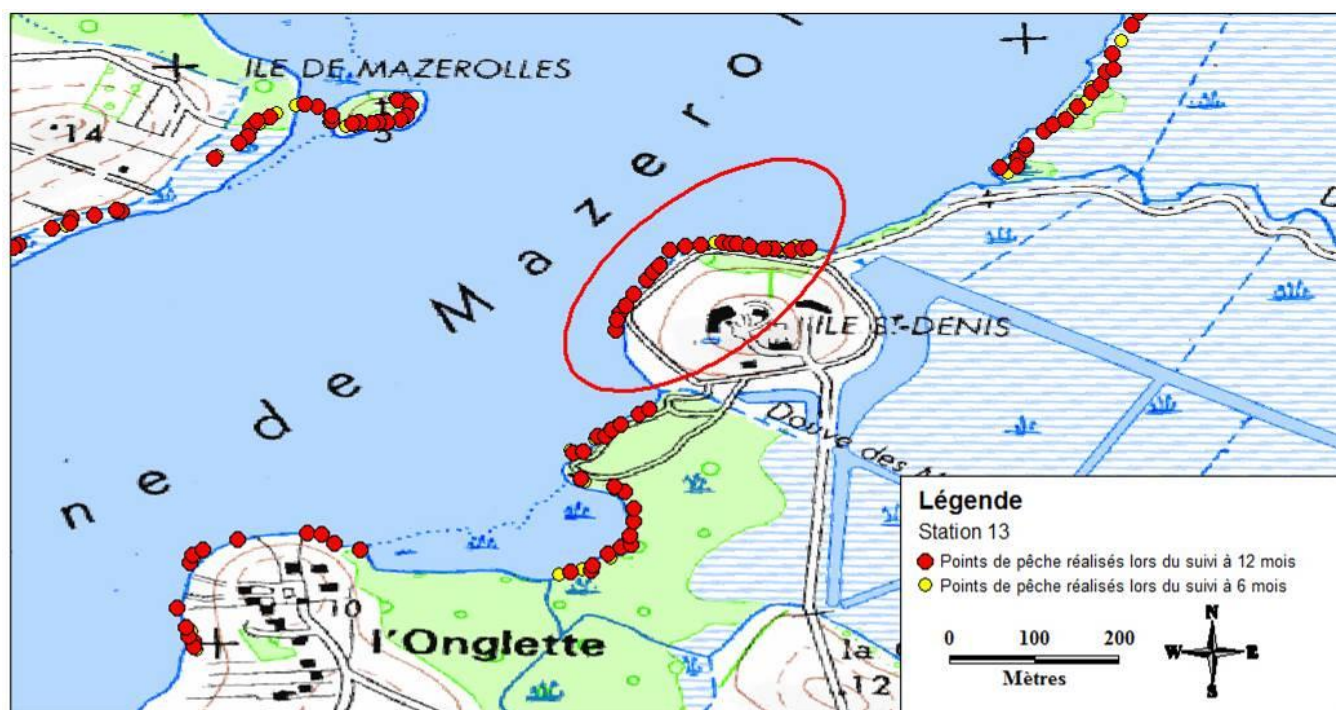


Figure 145 : Plan de localisation de la station 13 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 146 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.15 Station 14

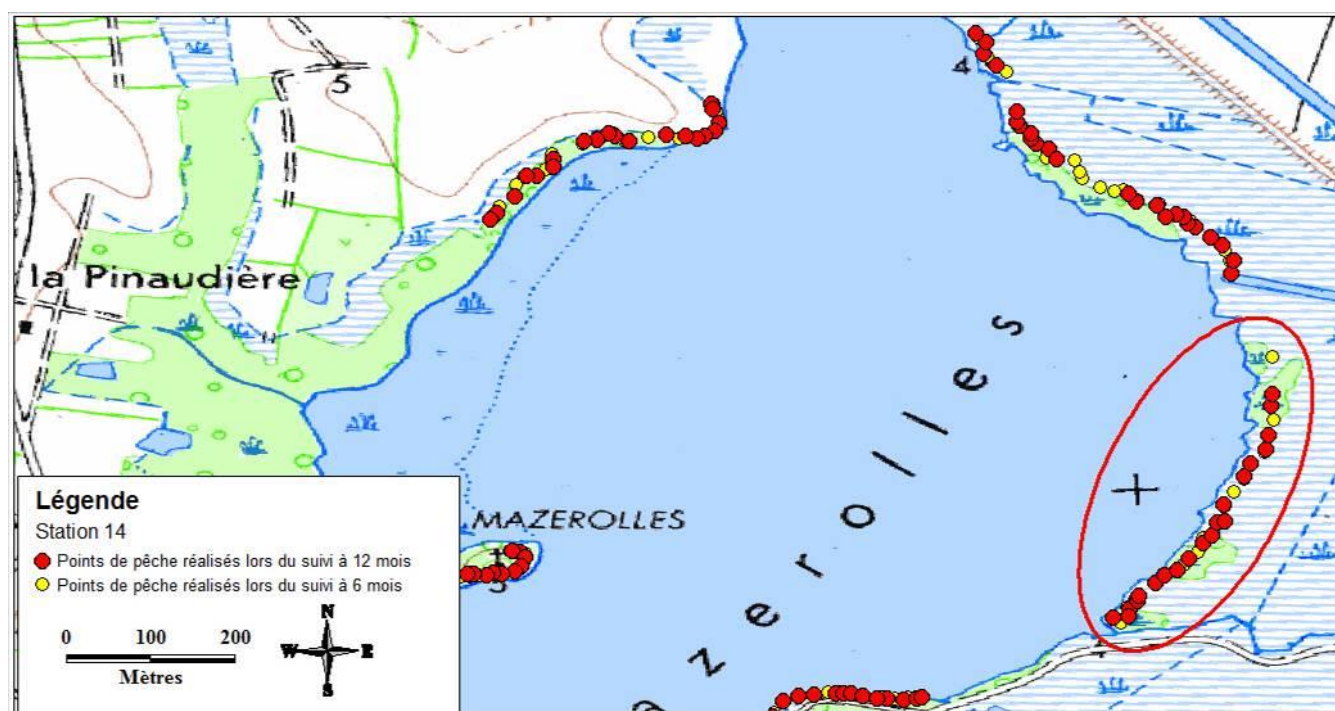


Figure 147 : Plan de localisation de la station 14 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 148 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.16 Station 15

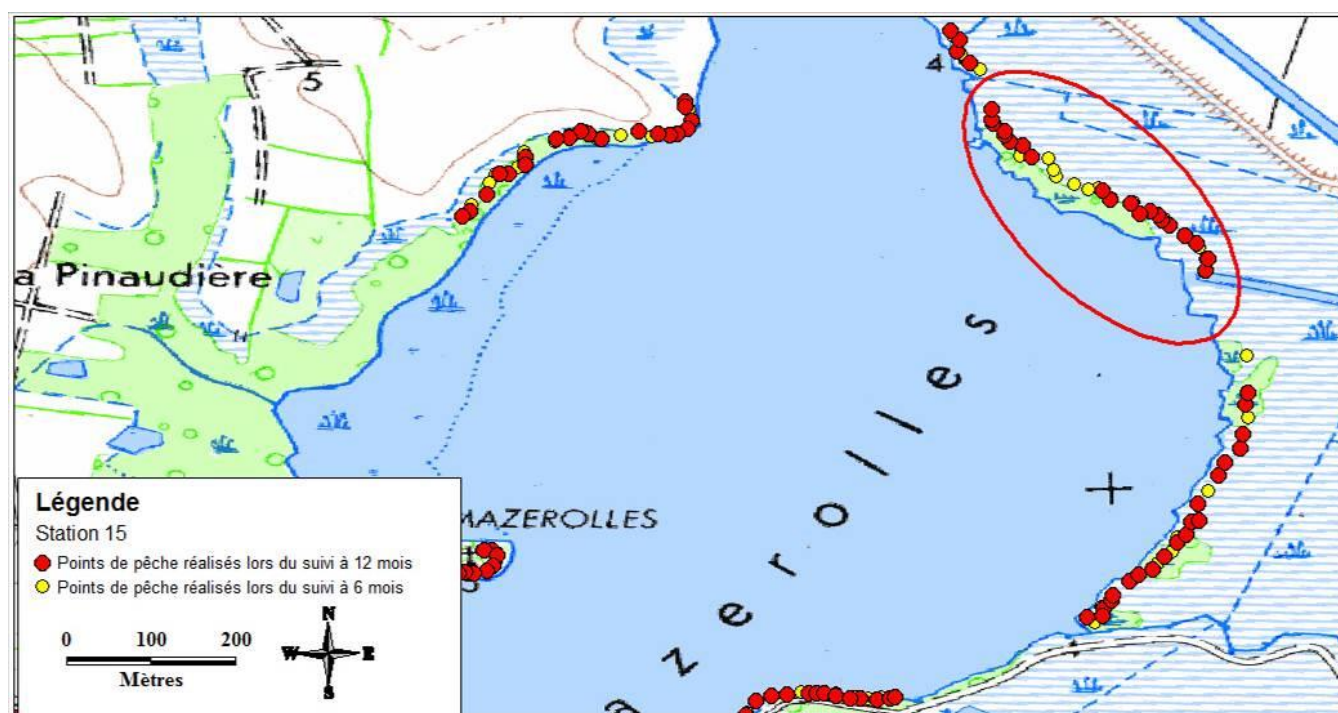


Figure 149 : Plan de localisation de la station 15 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 150 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.17 Station 16

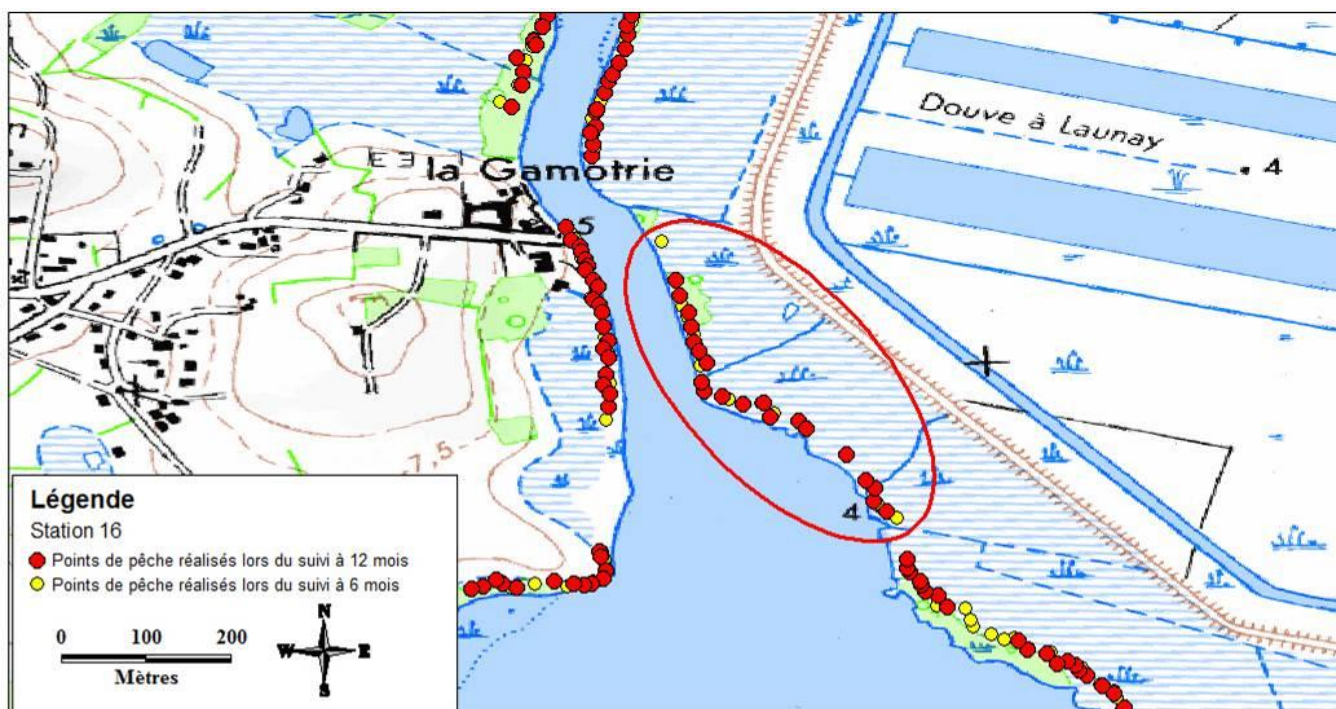


Figure 151 : Plan de localisation de la station 16 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).

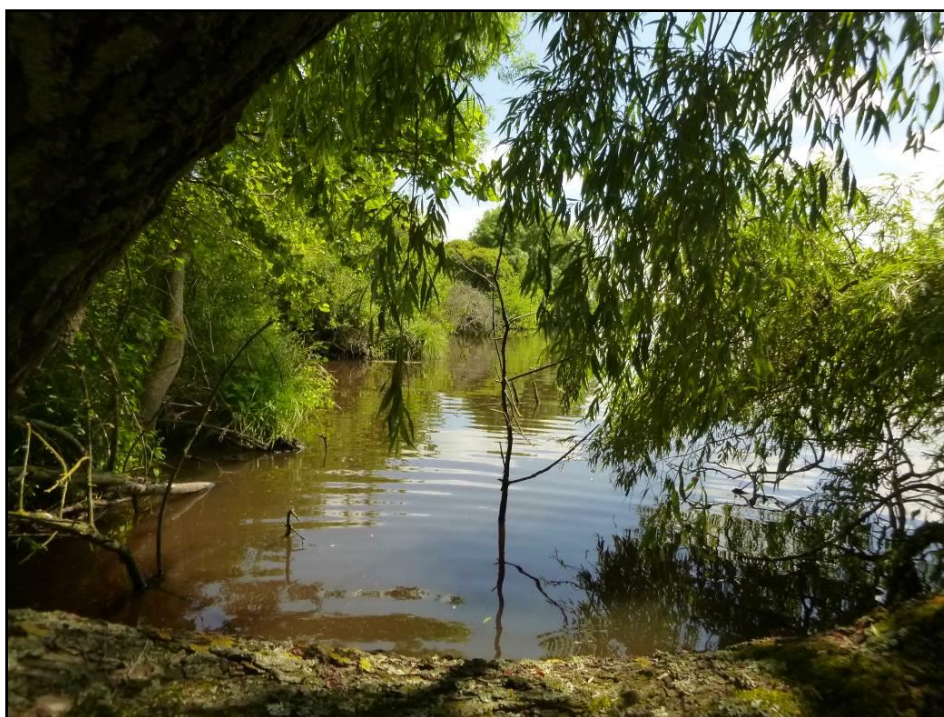


Figure 152 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.18 Station 17

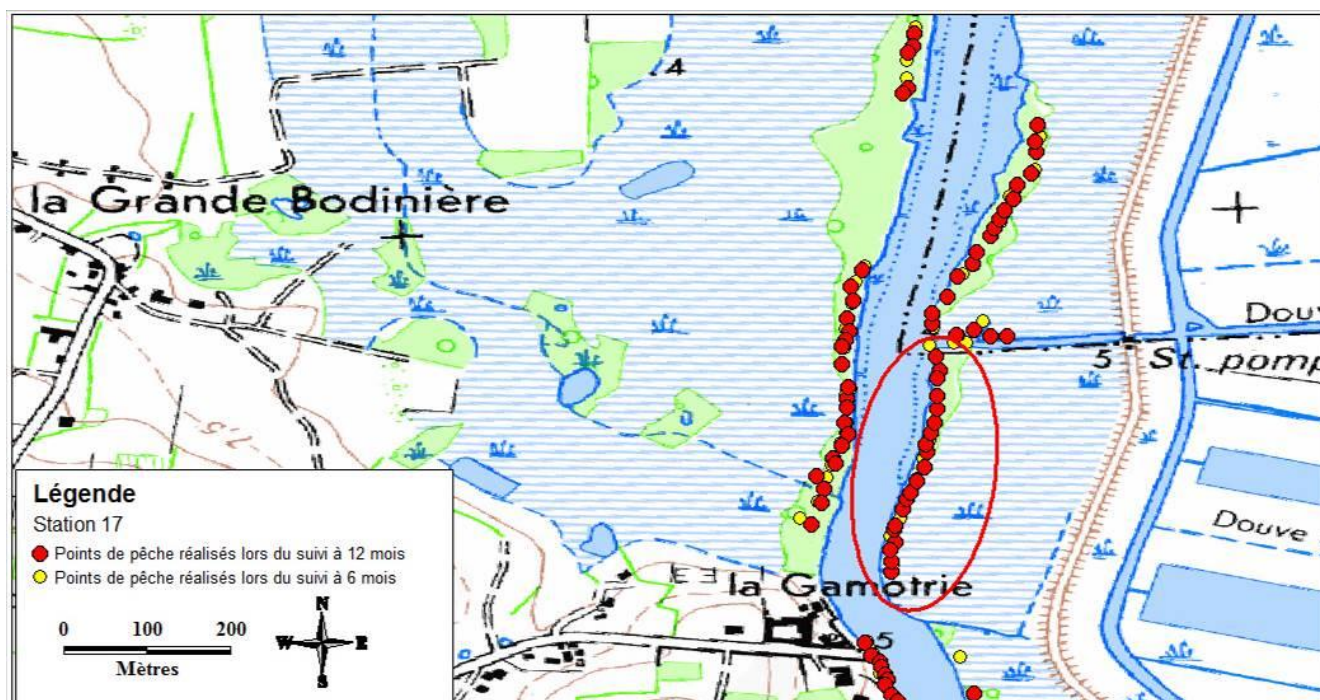


Figure 153 : Plan de localisation de la station 17 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 154: Photo de la station 17 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.19 Station 18

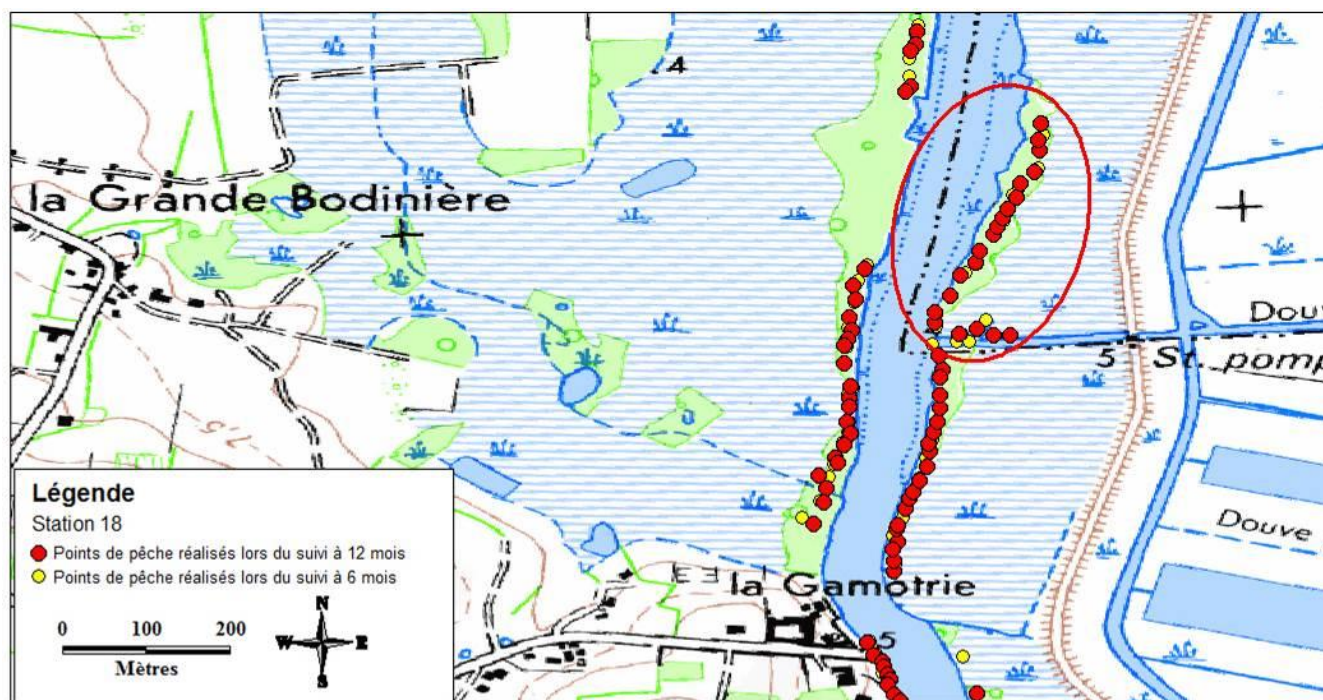


Figure 155 : Plan de localisation de la station 18 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 156: Photo de la station 18 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.20 Station 19

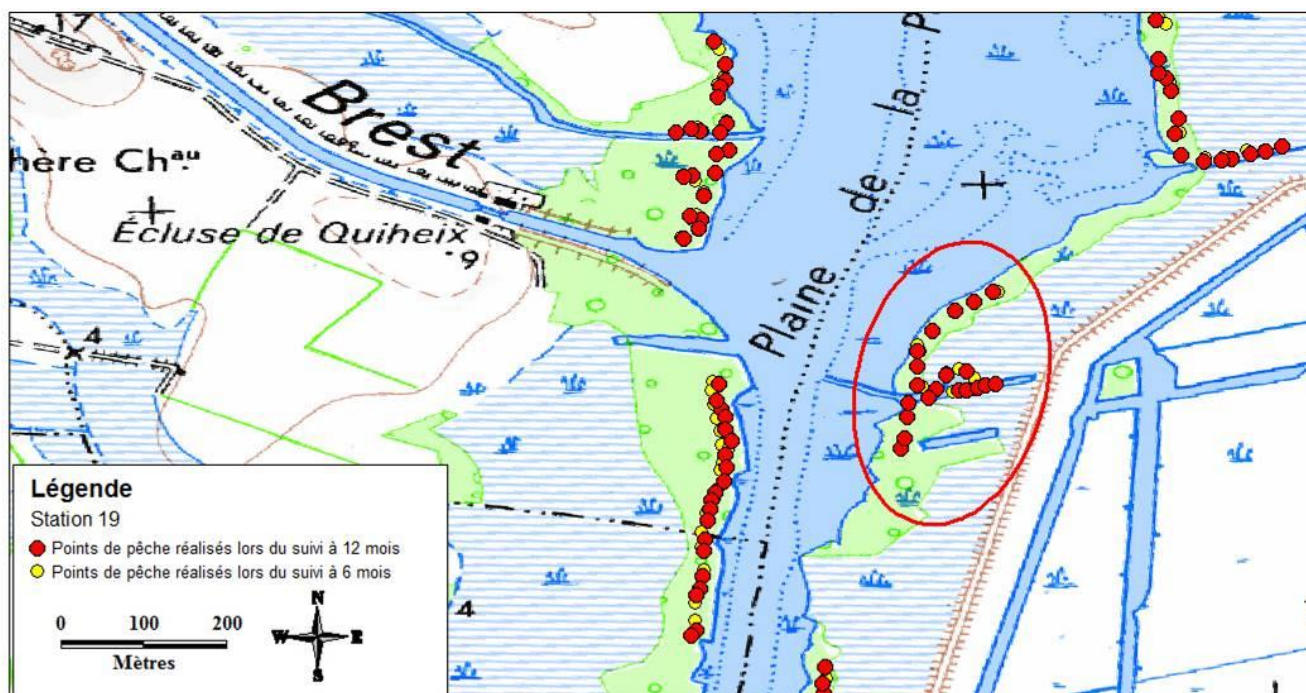


Figure 157 : Plan de localisation de la station 19 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 158 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.21 Station 20

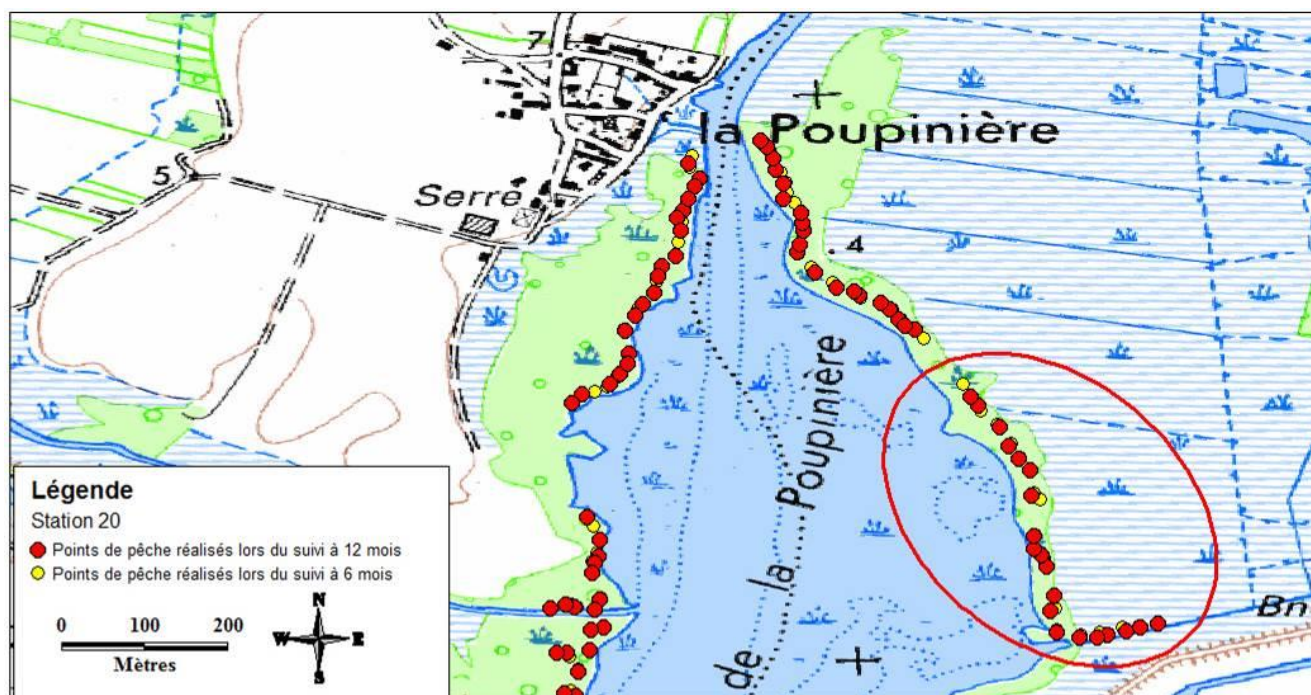


Figure 159 : Plan de localisation de la station 20 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 160 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.22 Station 21

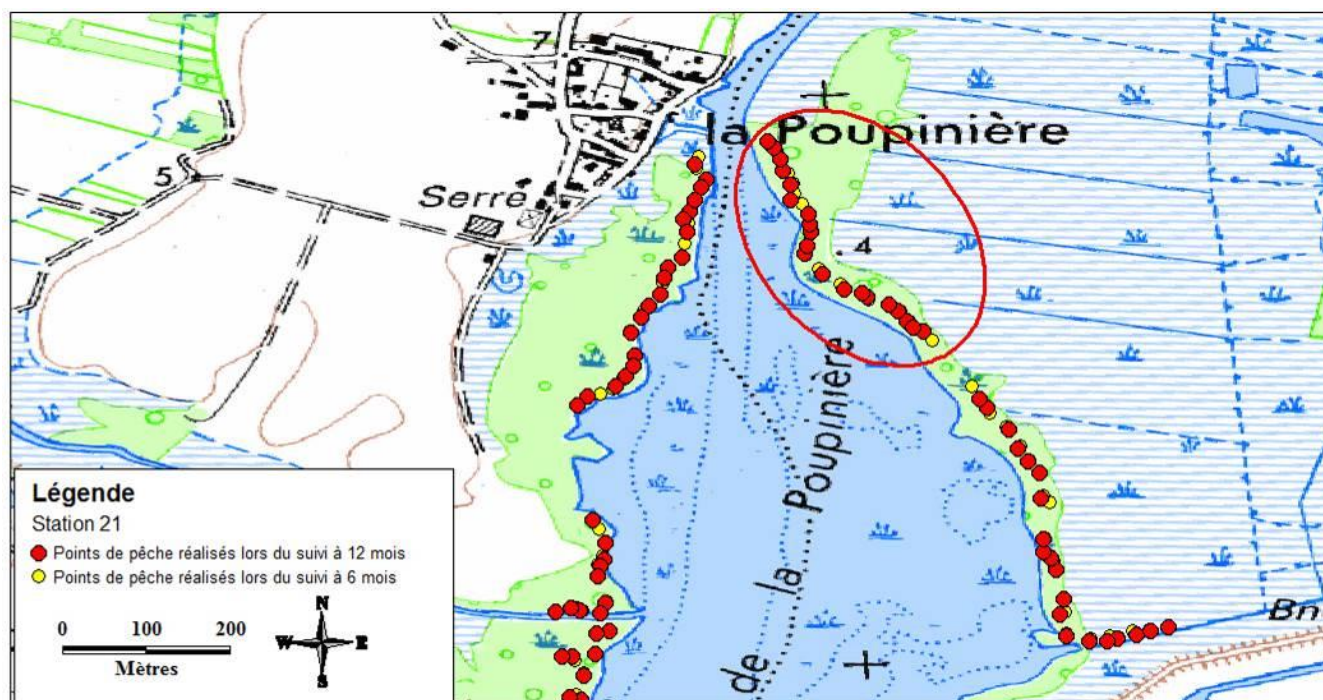


Figure 161 : Plan de localisation de la station 21 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 162 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.23 Station 22

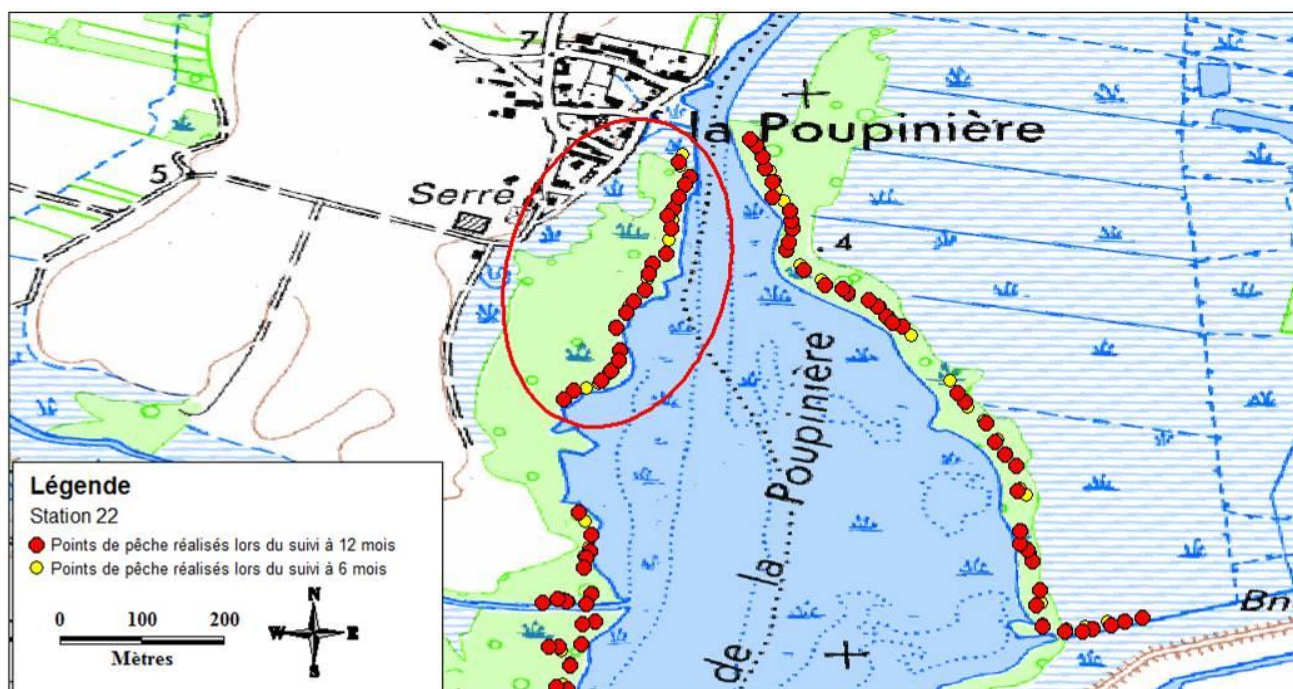


Figure 163 : Plan de localisation de la station 22 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 164 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.24 Station 23

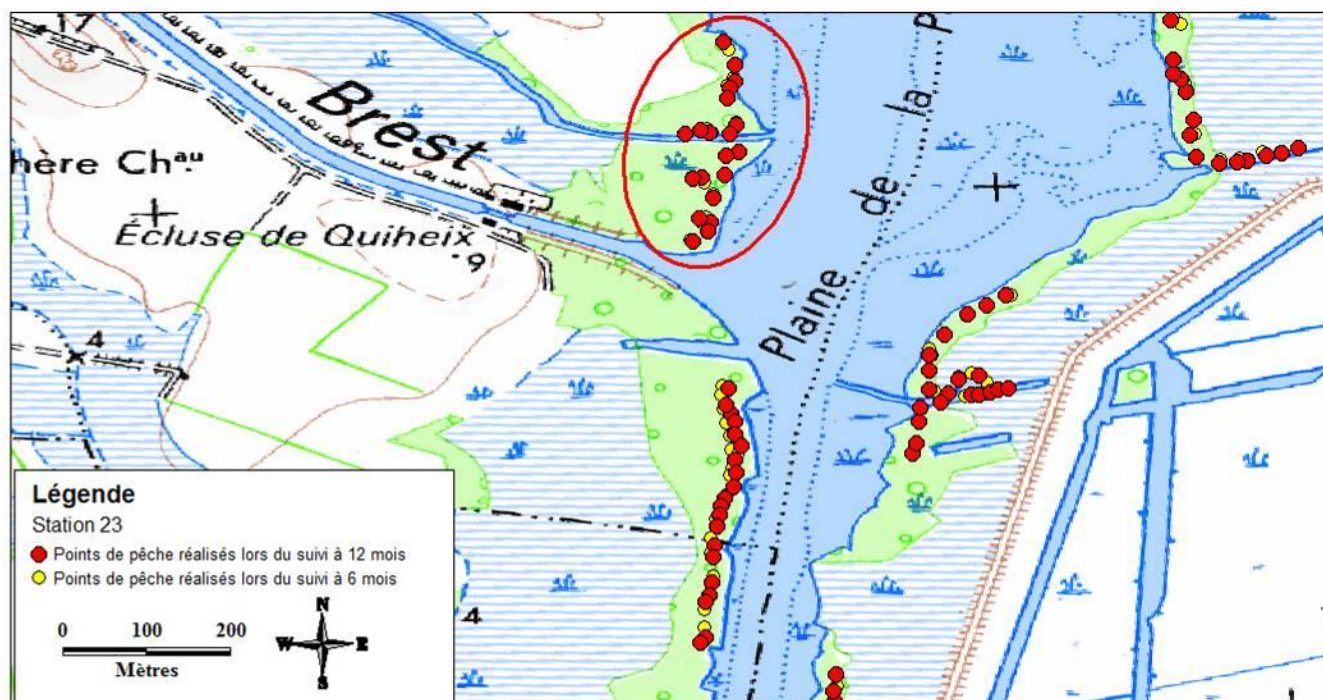


Figure 165 : Plan de localisation de la station 23 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 166 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.25 Station 24

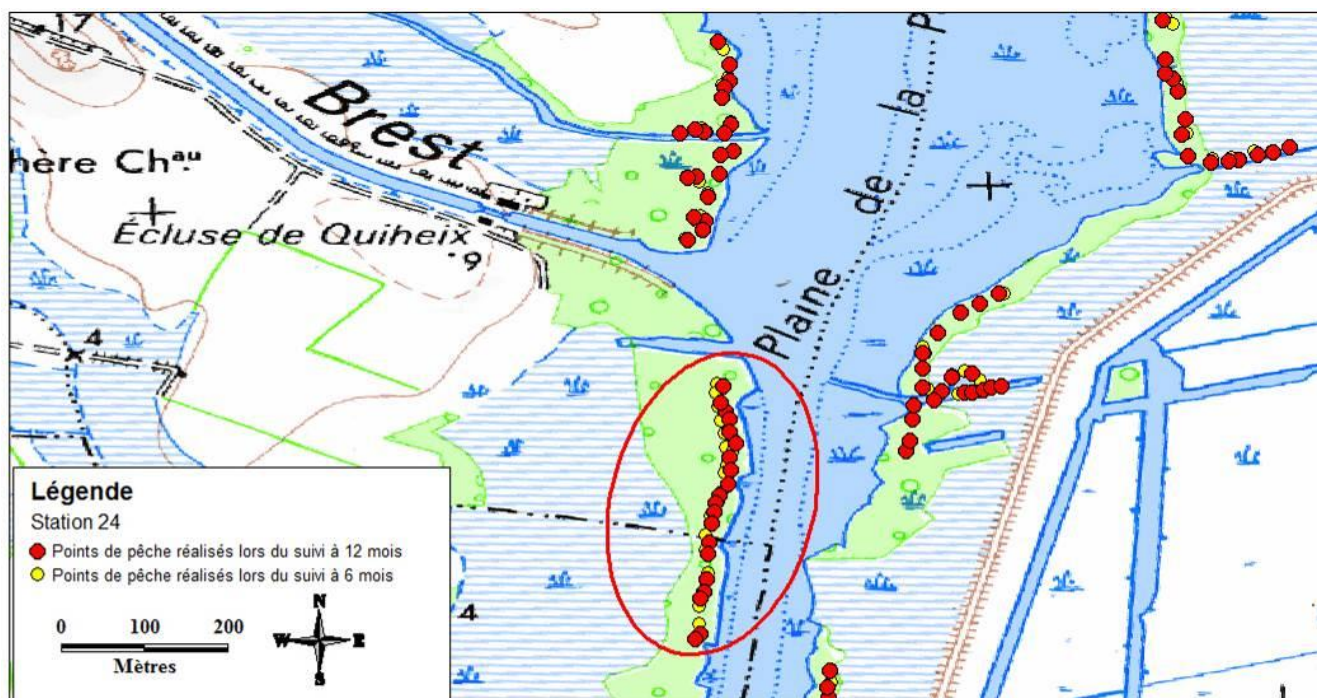


Figure 167 : Plan de localisation de la station 24 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 168 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2015)

6.2.5.26 Station 25

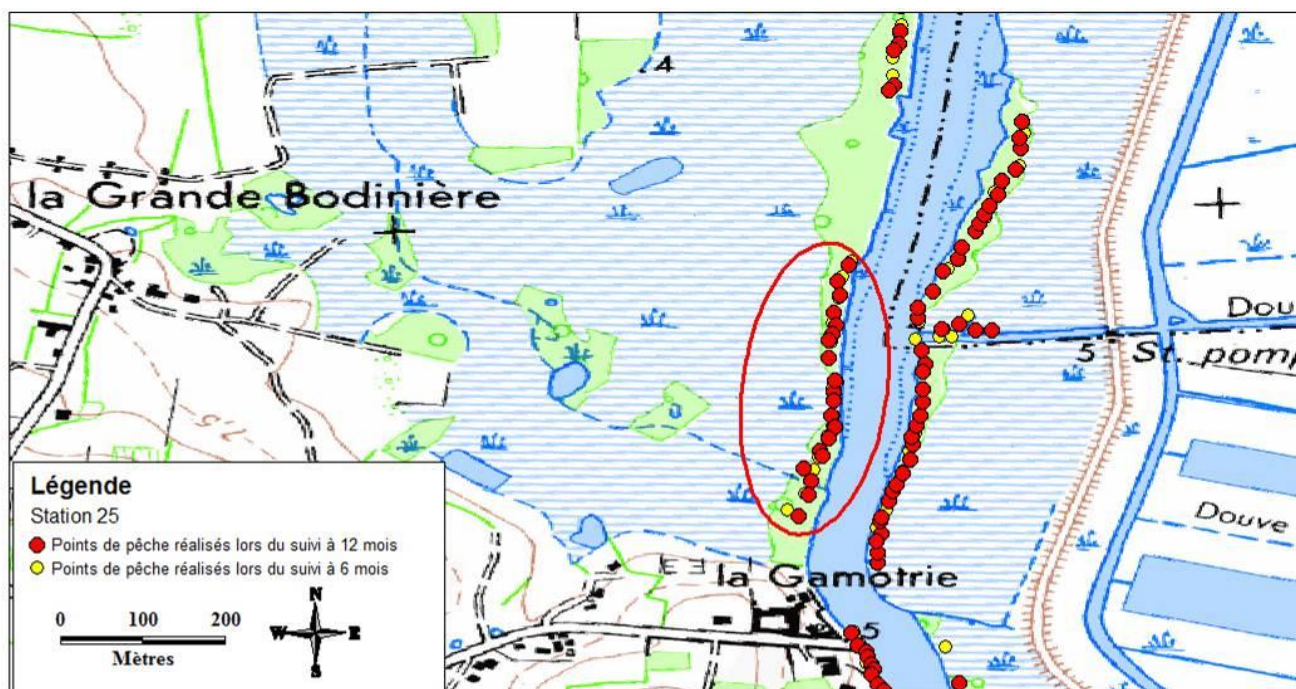


Figure 169 : Plan de localisation de la station 25 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2015).



Figure 170 : Photo de la station 25 (FISH-PASS 2015)

6.3 Résultats

6.3.1 Résultats des observations sur le terrain

6.3.1.1 Caractéristiques des stations de pêche prospectées

Le Tableau 8 présente les caractéristiques physico-chimiques des différentes stations de pêche électrique.

Température : la température est globalement homogène sur l'ensemble des stations. Les variations observées sont à mettre en relation avec l'heure où la mesure a été prise (min = 19,4°C ; max = 23,3°C ; moy. = 21,5 ± 1,20 °C).

Conductivité : la conductivité est également homogène (min = 310 µS ; max= 381 µS ; moy. = 333 ± 20,63 µS).

O₂ dissous et saturé: les valeurs en oxygène sont hétérogènes avec des variations qui dépendent à la fois du moment de la journée et du recouvrement par les végétaux aquatiques. (**O₂ dissous** = min: 5,6 mg/L; max: 15,7 mg/L; moy.= 10,03 ± 2,48 mg/L- **O₂ sat.**= min= 60 %; max= 172 %; moy.= 112,6 ± 27 ,8 %).

Turbidité : la turbidité de l'eau est comprises entre 5,24 et 29,03 NTU (moy = 12,74 ± 4,75 NTU).

PH : le pH est stable sur l'ensemble des stations (moy.= 8,4 ± 0,48).

Profondeur : les profondeurs sont hétérogènes entre les stations et dépendent du faciès d'écoulement (min: 10 cm; max: 210 cm; moy.= 63,1 ± 20,7 cm).

Tableau 12: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche du printemps 2015 (FISH-PASS)

Stations	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	O2 dissous (mg/l)	O2 saturation (%)	Turbidité (NTU)	pH	Profondeur moyenne (cm)	Profondeur min (cm)	Profondeur max (cm)
1	26/05/15	19,6	340	6,5	70	16,3	7,49	63	30	120
2	26/05/15	19,6	315	8,9	97	11,53	8,4	63	20	120
3	26/05/15	21,1	315	11,1	123	10,84	8,77	35	20	60
4	26/05/15	21,2	315	11,4	127	7,86	8,77	30	10	50
5	26/05/15	22,8	310	12,1	135	11,95	8,88	56	20	100
6	26/05/15	22,6	310	11,8	135	10,84	8,84	62	20	100
7	26/05/15	22,6	310	12,5	143	12,07	8,81	60	10	180
8	26/05/15	22,1	310	11,5	130	11,33	8,53	31	10	60
9	27/05/15	19,9	320	9	98	19,09	8,52	60	20	90
10	27/05/15	20,1	318	9,3	101	14,97	8,46	44	20	100
11	27/05/15	20,6	320	8,7	98	13,07	8,66	37	20	100
12	27/05/15	21,3	321	10,2	114	14,78	8,69	82	30	110
13	27/05/15	21,6	325	10,5	118	10,83	8,83	31	20	60
14	27/05/15	22,2	324	8,6	98	10,39	8,28	98	40	150
15	27/05/15	23,3	322	10,7	124	8,4	8,49	76	10	210
16	27/05/15	22,3	340	9	102	12,64	7,93	72	20	150
17	27/05/15	22,9	360	5,9	68	14,67	7,07	68	30	100
18	27/05/15	23	350	11,3	127	14,1	8,31	71	20	110
19	28/05/15	20,3	360	12	133	11,97	8,68	77	20	120
20	28/05/15	20,4	357	15,7	172	8,59	8,76	77	20	150
21	28/05/15	19,4	381	5,6	60	5,24	7,52	112	70	140
22	28/05/15	21,9	352	12,8	146	8,06	8,78	74	50	110
23	28/05/15	21,9	360	12	129	19,37	8,41	53	20	90
24	28/05/15	22,2	350	7,7	88	10,64	7,78	81	20	110
25	28/05/15	22,3	340	5,9	68	29,03	8,35	70	40	120

L'occurrence des habitats par station est représentée par la Figure 171. Sur l'ensemble des stations, les principaux habitats rencontrés sont les racines (29,2 %), les hélophytes (23 %), les encombres (17,6 %) et les enrochements (10,2 %).

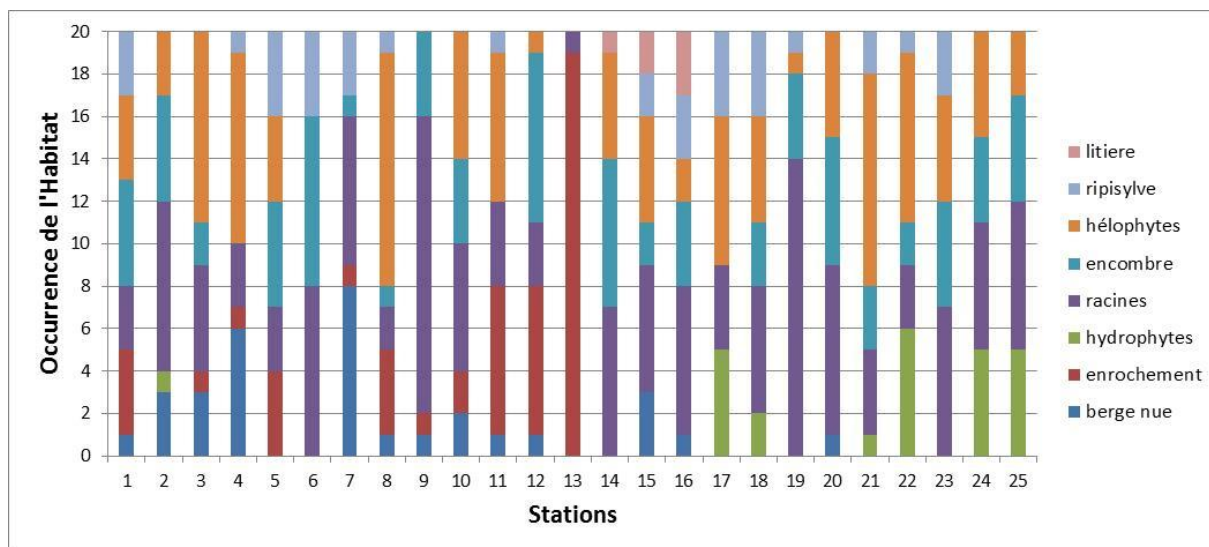


Figure 171 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2015, FISH-PASS)

L'occurrence des substrats correspondants est représentée par la Figure 172. Sur l'ensemble des stations, les principaux substrats sont l'argile (41,6 %) et la vase (18,4 %).

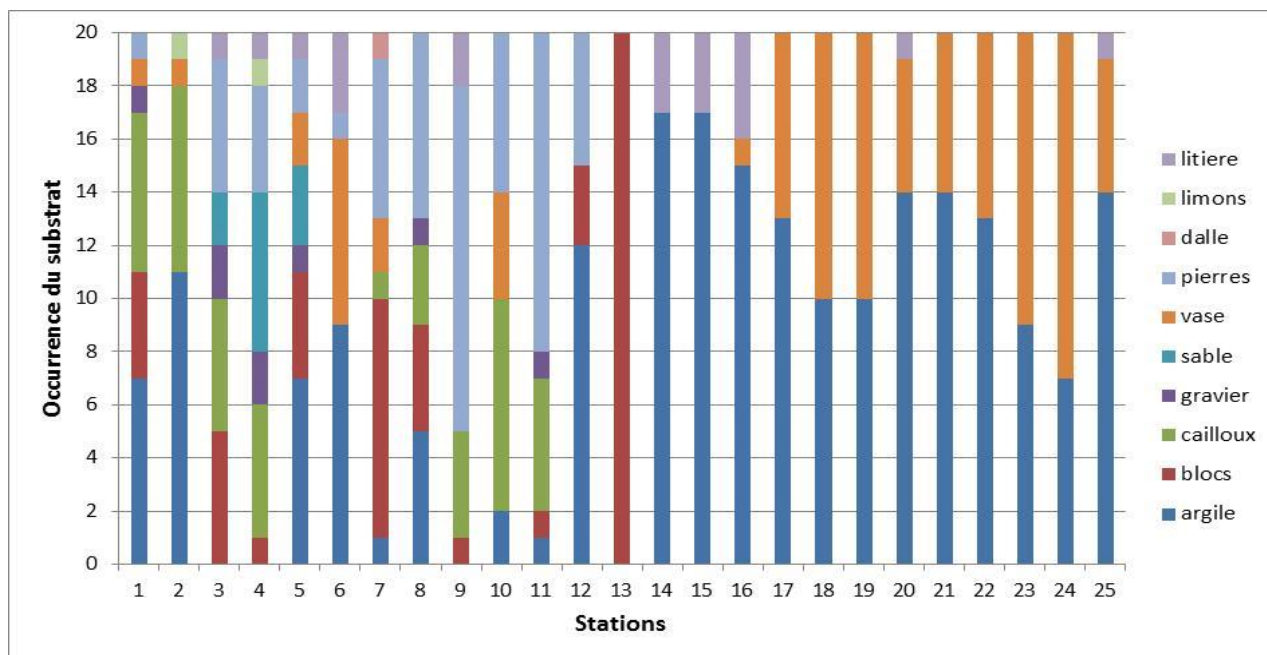


Figure 172 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2015, FISH-PASS)

6.3.1.2 Résultats des prospections par pêches électriques

- **Abondance et données générales sur le peuplement**

Le suivi réalisé sur les 25 stations a permis la capture de **547 anguilles**. Les abondances varient 6 à 62 anguilles par station et leurs tailles sont comprises entre 80 mm et 692 mm (moyenne = 266 ± 149 mm). Parmi celles -ci, **164 individus appartiennent à la classe de taille inférieure à 150 mm** (Figure 173).

Au moment du suivi à 1 an, 30 % des anguilles sont dans la classe de taille des individus susceptibles de provenir de l'opération d'alevinage en 2014.

Le Tableau 13 présente, pour chaque station, sa localisation (coordonnées x;y) ainsi qu'une synthèse des captures d'anguilles (abondance, CPUE, biomasse, tailles et nombre d'individus conservés).

La Figure 174 schématise la localisation des stations ainsi que le nombre d'anguilles capturées sur chacune d'entre elles lors de cette première campagne de suivi.

Tableau 13 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)

Station	Limite aval		Limite amont		Abondance	CPUE (nb individus/point)	Abondance ind< 150mm	% ind<150 mm	Biomasse (g)	Taille moyenne (mm)	Taille min (mm)	Taille max (mm)	écart- type	N individus gardé
	X	Y	X	Y										
1	-1,498468000	47,377397000	-1,497798	47,374595	23	1,15	9	39%	1591,1	244,2	84	663	165,2	3
2	-1,497938	47,372353	-1,501402	47,370555	22	1,10	15	68%	906,5	199,7	84	598	143,3	5
3	-1,501072	47,365352	-1,50392	47,364442	28	1,40	7	25%	2745,6	292,1	112	692	165,6	3
4	-1,50537	47,363623	-1,509875	47,362218	25	1,25	10	40%	1621,6	245,7	101	640	157,3	2
5	-1,513918	47,358338	-1,514842	47,354767	28	1,40	12	43%	1673,6	243,2	87	651	148,1	3
6	-1,515078	47,35264	-1,515337	47,348445	15	0,75	2	13%	1080,1	308,5	128	555	121,3	2
7	-1,518702	47,343533	-1,520088	47,340753	34	1,70	9	26%	2048,0	260,0	104	678	136,1	2
8	-1,518737	47,338927	-1,517018	47,341787	48	2,40	18	38%	1417,4	210,4	93	508	102,9	2
9	-1,516157	47,345228	-1,51353	47,346798	18	0,90	0	0%	3490,0	419,7	196	668	146,1	0
10	-1,512453	47,348175	-1,51114	47,351008	33	1,65	15	45%	1843,0	227,2	103	616	144,2	4
11	-1,506585	47,354538	-1,501642	47,35835	42	2,10	9	21%	3636,8	303,7	83	670	142,2	2
12	-1,498363	47,358008	-1,497148	47,36055	15	0,75	1	7%	1832,9	352,4	131	626	144,5	1
13	-1,497653	47,361775	-1,494645	47,36306	62	3,10	4	6%	5492,9	328,4	102	585	119,6	2
14	-1,491658	47,364303	-1,489143	47,367808	11	0,55	3	27%	742,3	247,5	110	654	156,4	2
15	-1,489793	47,369712	-1,493148	47,372232	14	0,70	5	36%	980,5	247,6	108	579	165,9	3
16	-1,493482	47,372968	-1,496752	47,376583	12	0,60	4	33%	797,7	223,4	80	673	161,0	2
17	-1,498053	47,378517	-1,497352	47,381927	10	0,50	3	30%	483,9	238,0	101	547	147,6	2
18	-1,49623	47,38225	-1,495742	47,38558	15	0,75	10	67%	204,8	166,1	101	340	82,8	2
19	-1,494528	47,389068	-1,493052	47,391563	13	0,65	0	0%	2366,0	405,6	150	667	173,9	0
20	-1,488457	47,39387	-1,49142	47,397467	17	0,85	8	47%	845,4	205,8	113	638	141,0	5
21	-1,492312	47,398538	-1,494772	47,40153	12	0,60	1	8%	1338,3	348,5	122	563	145,1	1
22	-1,495905	47,401167	-1,497773	47,39736	6	0,30	2	33%	303,4	268,3	124	472	146,0	2
23	-1,497515	47,395545	-1,497997	47,392402	19	0,95	5	26%	567,7	198,5	91	569	105,5	2
24	-1,497425	47,390092	-1,497865	47,38608	6	0,30	2	33%	604,5	314,0	111	549	189,1	2
25	-1,498522	47,383283	-1,499315	47,379267	19	0,95	10	53%	662,1	173,2	101	629	115,8	1
Total					547	1,094	164	30%	39276,1	265,8	80	692	149,4	55

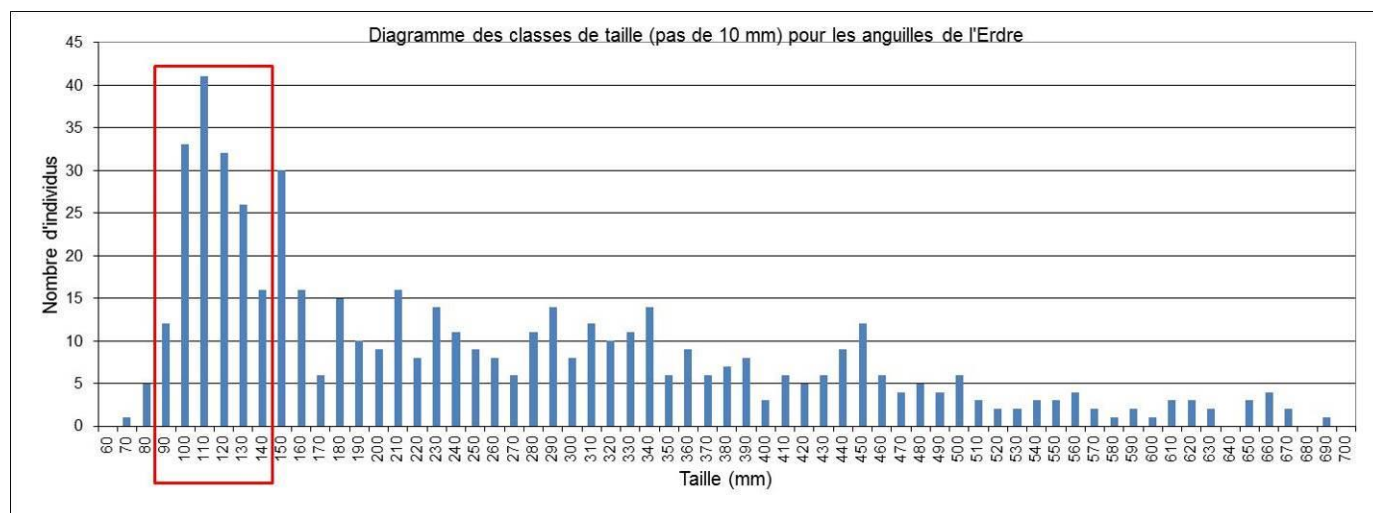


Figure 173 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=547) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).

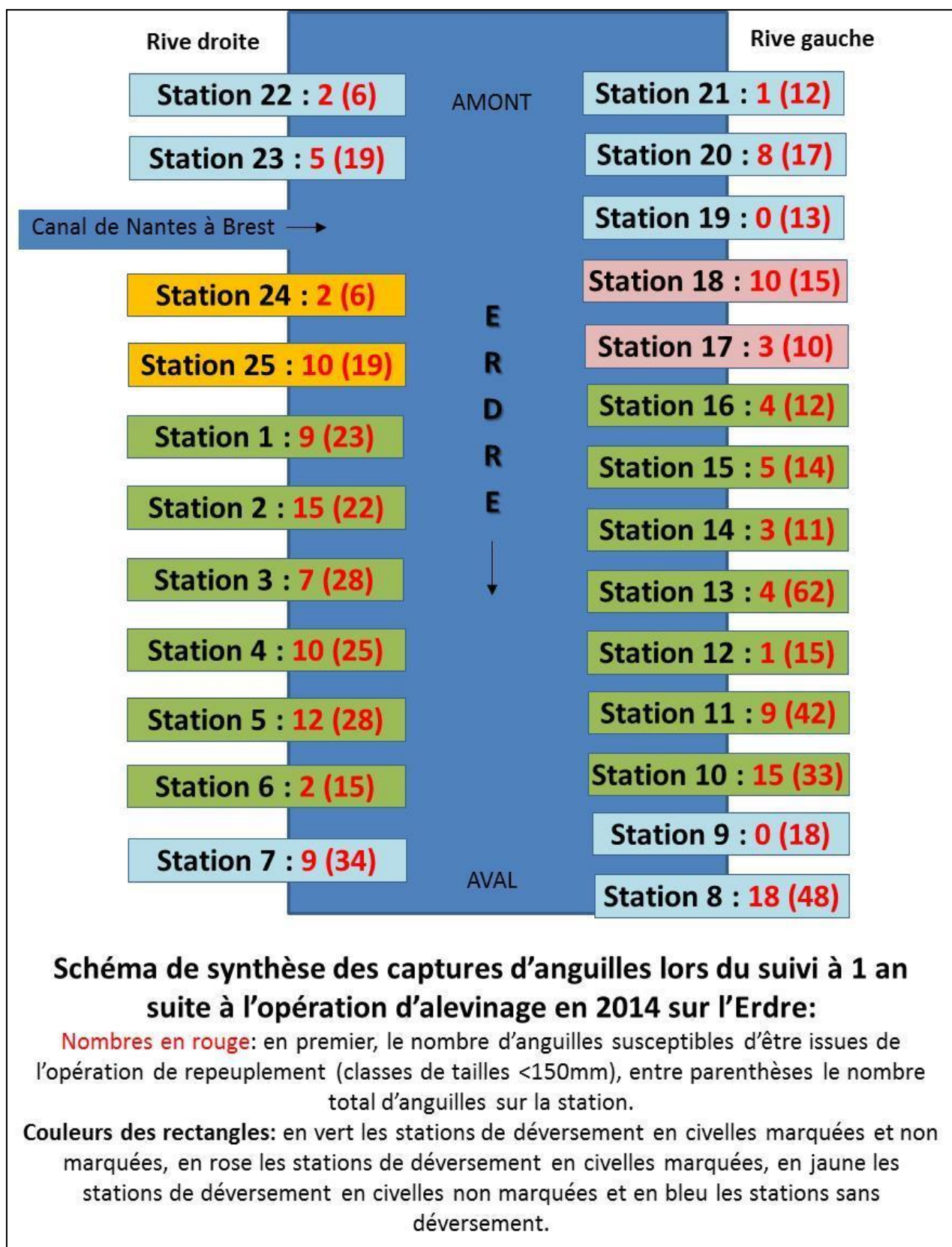


Figure 174 : Schéma de synthèse de la deuxième campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2015)

- Paramètres morpho-métriques

Les individus mesurés et pesés ont permis d'établir une relation taille-poids (Figure 175). La transformation des données par la fonction Ln permet de mettre en évidence une corrélation à 98,9 % entre le poids et la taille des individus étudiés.

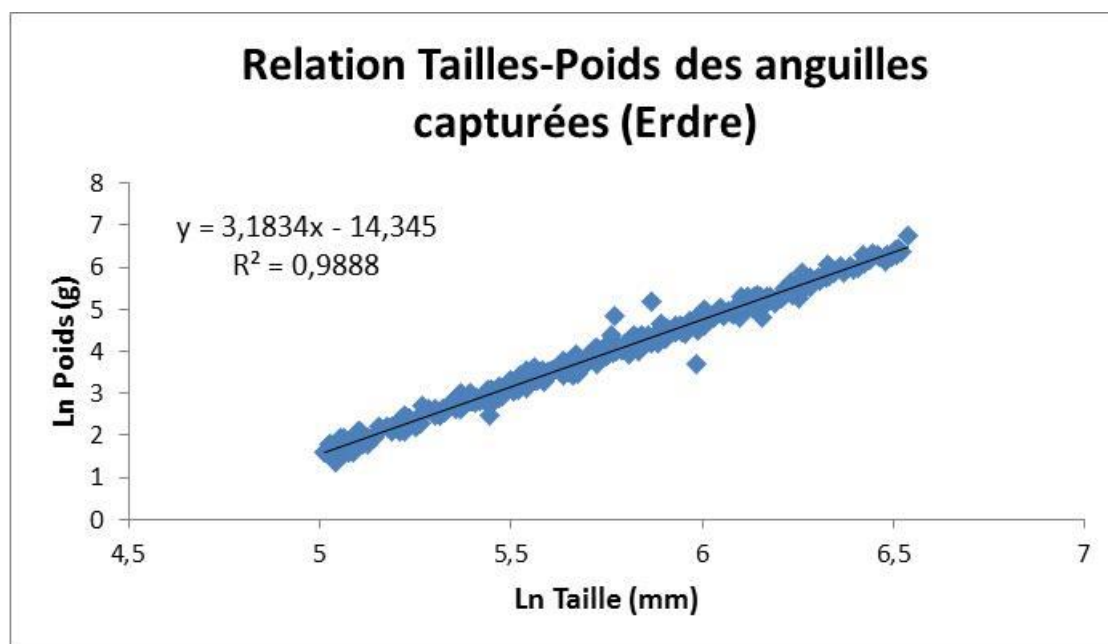


Figure 175 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=382) (Printemps 2015, FISH-PASS)

- Relevé des pathologies externes

395 anguilles capturées durant la campagne présentent des lésions externes (Figure 176). Parmi les individus ne présentant aucune pathologie (n=152 ; taille min : 80 mm ; taille max : 250 mm), 78,3 % appartiennent à la classe de taille inférieure à 150 mm.

Onze types de pathologies ont été recensés sur les individus (Figure 177) majoritairement représentés par des érosions cutanées (29 %), des hémorragies (26 %), et des hyper-sécrétions de mucus (22 %). **Un détail du codage des lésions est disponible en annexe.**

La Figure 178 présente l'occurrence de ces pathologies en fonction des zones corporelles atteintes et de leur intensité.

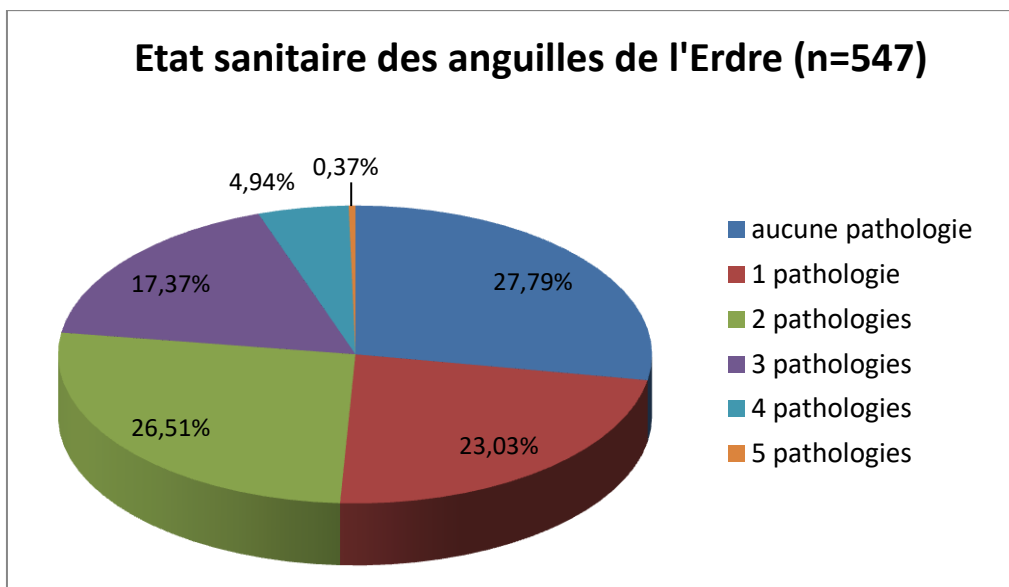


Figure 176 : État sanitaire des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Printemps 2015, FISH-PASS)

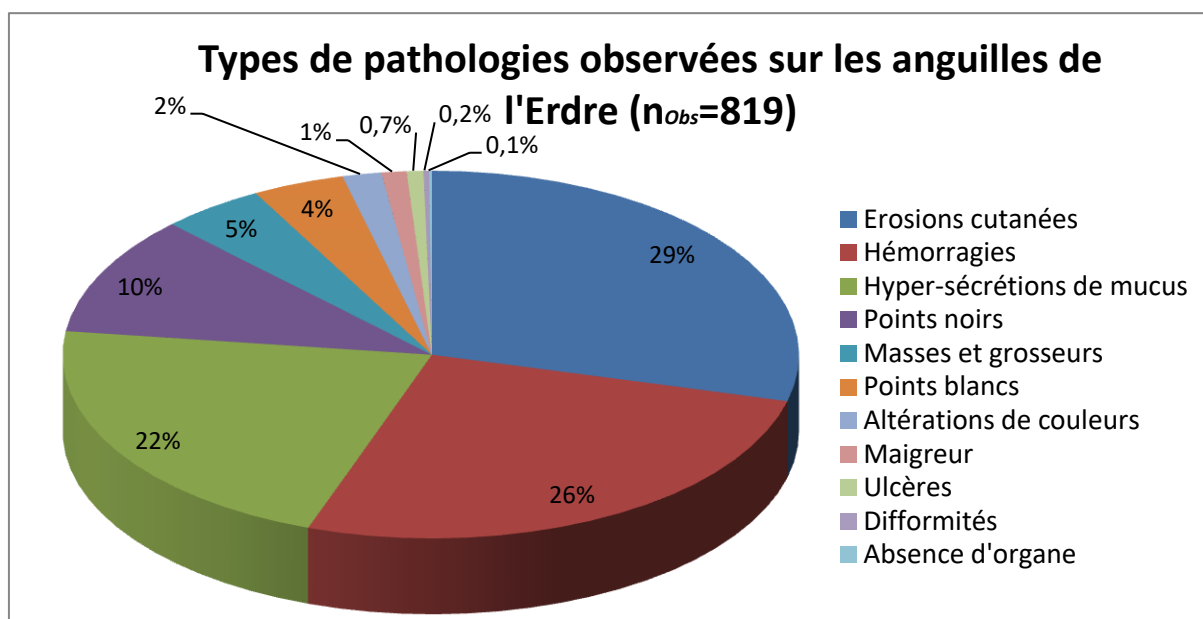


Figure 177 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (N_{obs} = le nombre de pathologies observées) (Printemps 2015, FISH-PASS)

- Suivi de l'opération d'alevinage à 12 mois -

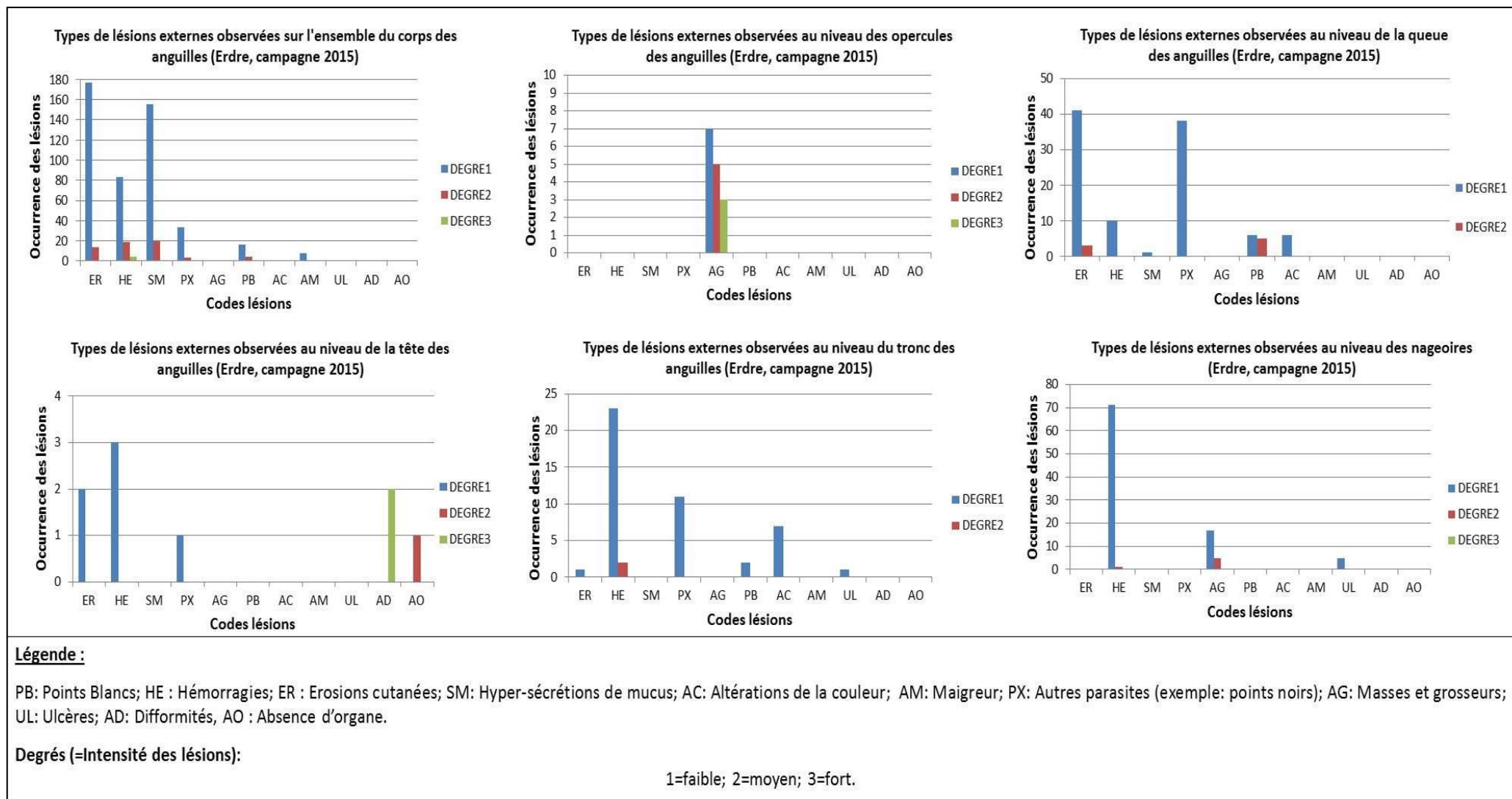


Figure 178 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 1 an. (FISH-PASS)

6.3.2 Résultats des recherches en laboratoire

6.3.2.1 Recherche de marque

Les 55 anguilles conservées appartiennent toutes à la cohorte de 2014 et 20 individus sont marqués, soit un taux de recapture de 36,4 %.

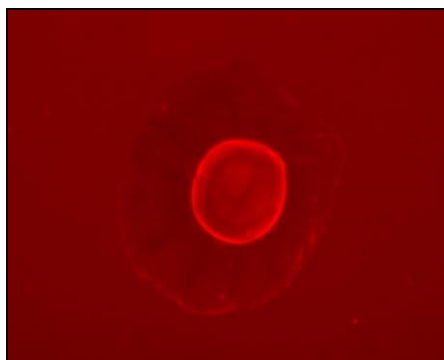


Figure 179 : Otolithe d'un individu issu du repeuplement sur la l'Erdre en 2014 et présentant un marquage à l'alizarine. (FISH-PASS)

Le Tableau 10 présente les caractéristiques des individus marqués (stations, numéros d'individus, longueurs mesurées sur le terrain et en laboratoire, poids).

Tableau 14 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS) :

Stations	Taille (en mm) terrain	Taille (en mm) labo	Poids (g) labo	Age
2	108	104	1,73	12 mois
2	121	114	2,72	12 mois
2	137	129	3,57	12 mois
2	146	142	4,08	12 mois
3	112	108	1,68	12 mois
3	126	123	3,06	12 mois
4	116	112	2,07	12 mois
5	135	130	3,67	12 mois
8	116	112	2,21	12 mois
10	111	108	1,94	12 mois
10	135	131	3,13	12 mois
12	131	124	2,95	12 mois
13	102	102	1,06	12 mois
14	115	115	1,62	12 mois
15	137	129	3,88	12 mois
20	119	114	2,21	12 mois
20	124	119	2,70	12 mois
20	131	128	2,89	12 mois
24	130	125	2,95	12 mois
25	120	115	2,03	12 mois

La Figure 116 rend compte de la localisation de ces individus marqués suivant le schéma des stations de pêche.

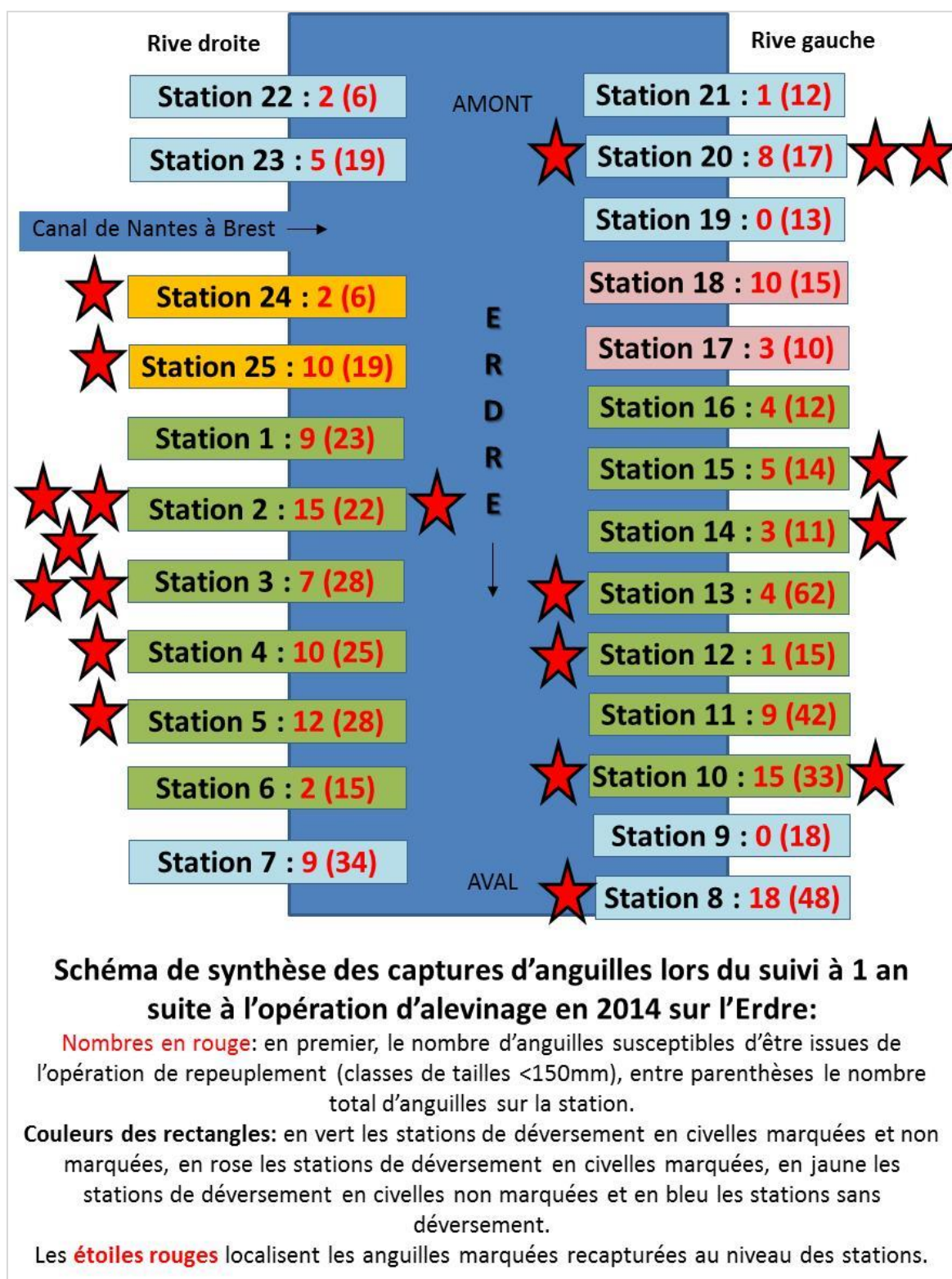


Figure 180 : Schéma de synthèse de la deuxième campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)

6.3.2.2 Étude des taux de croissance

L'estimation de l'âge à partir des otolithes a permis de vérifier si les anguilles conservées appartiennent à la cohorte de 2014. Ainsi, les 55 anguilles conservées permettent de définir une classe de taille comprise entre 91 et 146 mm (moyenne = $119 \pm 12,5$ mm).

Lors du déversement, en 2014, les civelles mesuraient en moyenne $69,3 \pm 3,45$ mm (n=50). 12 mois plus tard, les anguilles marquées et recapturées mesuraient en moyenne $123,6 \pm 11,5$ mm, soit une croissance moyenne d'environ 54 mm (taille terrain).

6.3.2.3 Parasitologie

Le Tableau 15 présente les caractéristiques des anguilles conservées pour la recherche des marquages et pour l'étude du parasitisme interne (vessie natatoire).

Tableau 15 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).

Marquées oui/non		Longueur (mm)	Poids (g)	Vessie Natatoire			Parasite (nb)
				Opacité	Epaisseur	Pigmentation	
oui	Moyenne	119,20	2,60	0,45	0,40	0,60	2,15
	Min	102,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	142,00	4,08	2,00	2,00	2,00	6,00
	Ecart type	10,48	0,82	0,60	0,60	0,60	1,60
non	Moyenne	113,20	2,21	1,11	0,86	1,11	2,94
	Min	90,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	141,00	4,44	2,00	2,00	2,00	8,00
	Ecart type	11,67	0,76	0,87	0,88	0,58	1,90
total	Moyenne	115,36	2,36	0,87	0,69	0,93	2,65
	Min	90,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	142,00	4,44	2,00	2,00	2,00	8,00
	Ecart type	11,53	0,80	0,84	0,81	0,63	1,83

Dès le stade précoce de la croissance, 82 % des anguilles conservées sont parasitées (Figure 181) au niveau de leur vessie natatoire (en moyenne $2,6 \pm 1,8$ parasites/anguille). Les individus non parasités (n=10) exposent tous des traces antérieures de présence parasitaire.

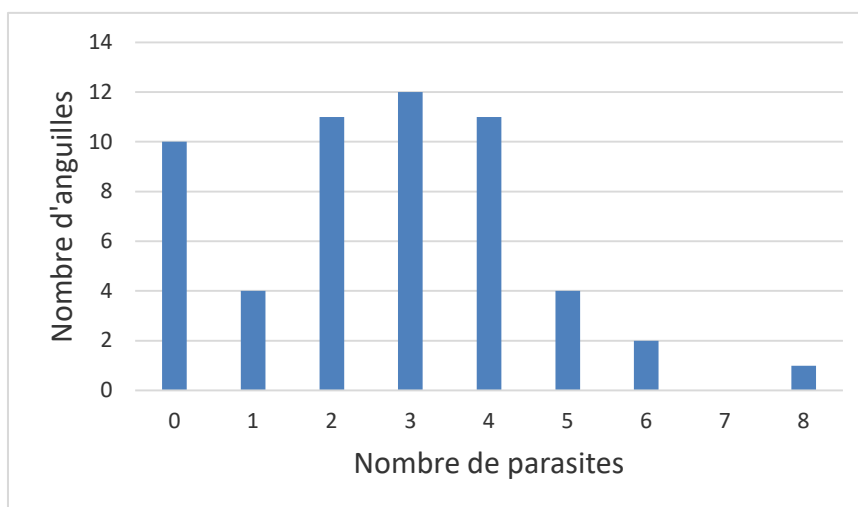


Figure 181 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés (n=55) lors du suivi à 1 an (FISH-PASS)

100 % des individus conservés lors du suivi à 1 an présentent des traces de parasitisme ou sont actuellement parasités.

6.4 Discussion

Les pêches électriques réalisées sur les zones de déversement et à l'amont de celles-ci ont permis la capture de 547 anguilles dont 164 individus de taille inférieure à 150 mm, classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014. L'estimation de l'âge par les otolithes permet de confirmer ces suggestions.

La recapture de 20 individus marqués lors du suivi à 12 mois a permis d'estimer une croissance moyenne de 54 mm en 12 mois. Chez cette espèce, les taux de croissance varient fortement à l'échelle interindividuelle et populationnelle. La température (liée à la situation géographique, aux caractéristiques hydro-morphologiques et à la saison), la disponibilité alimentaire, le stress et la qualité du milieu interagissent fortement sur le développement de cette espèce. Bien qu'il ne soit pas possible de connaître lors du déversement, les tailles exactes des anguilles étudiées, il semblerait que les taux de croissance des anguilles de l'Erdre soient proches de la moyenne (Adam 2008).

Ces mêmes individus marqués ont été recapturés à proximité ou sur des stations sur lesquelles les civelles marquées avaient été déversées. Il faut noter que ce milieu est de grandes

dimensions, et qu'il laisse la possibilité aux anguilles déversées de coloniser l'amont. Par ailleurs, la possibilité d'un recrutement naturel en civelles pourrait provoquer un effet de dilution de la population déversée. La probabilité de recapture serait donc faible dans la mesure où il y aurait une forte dispersion des individus. Or, un taux de recapture à 36,4 % est non négligeable car ce chiffre est supérieur au pourcentage de civelles marquées par rapport à la quantité globale déversée sur ce cours d'eau. Cela suggère d'une part, que les civelles assurent leurs premières années de croissance dans les habitats environnants à la zone de déversement et, d'autre part, que la dilution par le recrutement naturel paraît faible sur cette zone. Ce résultat montre également que la survie des individus marqués est sans doute, très proche de ceux non marqués.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, les paramètres physico-chimiques étudiés ne permettent pas la détection d'anomalie. Le milieu présente une grande diversité d'habitats propices aux peuplements piscicoles. Pourtant, l'état sanitaire des anguilles est moyen car 72,2 % des anguilles capturées présentent des lésions externes et 82 % des individus conservés sont affectés par *Anguillicola crasus* (100 % présentent des traces de parasitisme). La forte prédominance d'hémorragies observées sur les anguilles suggère que finalement, la qualité du milieu pourrait être contraignante pour le développement de cette espèce.

6.5 Perspectives

Cette opération d'alevinage fera l'objet d'un 3^{ème} suivi afin d'évaluer sa contribution au stock d'anguille présent dans l'Erdre. Cette campagne est programmée au printemps 2017 et permettra :

- d'établir un état des lieux de la population en place (effectifs, évolution des classes de tailles, état sanitaire des anguilles) ;
- de rechercher des individus marqués lors du déversement en 2014 afin d'étudier les taux de croissance de cette population à l'échelle du bassin. Les individus conservés permettront également d'étudier le parasitisme au niveau de leur vessie natatoire.

7 Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois

7.1 Objectif

L'objectif de ce suivi est d'évaluer la contribution des individus alevinés au soutien de la population en place.

7.2 Matériel et Méthode

L'échantillonnage des anguilles a été réalisé par pêche électrique en utilisant la méthode des **Échantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA)**. Ce type de protocole nécessite une demande d'autorisation auprès de la DDTM de la Loire-Atlantique (Arrêté Préfectoral). L'ONEMA, la DDTM et la fédération de pêche ont été informés des dates de pêche pour cette campagne intitulée « Printemps 2017, campagne de suivi 3 ».

Le suivi de l'alevinage à 3 ans a été réalisé du 30 mai 2017 au 1 juin 2017.

7.2.1 Présentation du matériel

Les pêches électriques ont été effectuées en bateau, au moyen d'un FEG 8000 de marque EFKO. Nous disposons également d'un appareil de secours, un EL64-II de marque Hans Grassl. Nos équipements sont conformes à la norme **CEI 603335-2-86**⁹ et font l'objet de contrôles réguliers par un organisme indépendant afin de détecter les défaillances mécaniques et électriques éventuelles.

7.2.2 Moyens humains

Les pêches électriques en bateau nécessitent 4 personnes:

une personne à l'anode,

une personne à l'épuisette,

une personne au pilotage du bateau et à la sécurité,

une personne au chronomètre, au GPS et à la sécurité.

⁹ **CEI 60335-2-86**, Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues – Partie 2-86; règles particulières pour les équipements électriques de pêche.

7.2.3 Méthode d'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage des poissons à l'électricité, adopté, est conforme aux normes NF T90-344¹⁰, EN 14011¹¹ et EN 14962¹². Il s'appuie sur la "**Notice de présentation et d'utilisation de l'IPR**" (Onema, 2006) ainsi que sur le "**Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité**" (Belliard et al., Onema, 2008).

L'équipement (groupe électrogène) a été installé sur le bateau. Le courant utilisé est de type CC (lisse ou pulsé). Le suivi de l'alevinage a été réalisé avec la méthode des EPA (Nelva et al., 1979). Cette méthode consiste à effectuer de petits échantillons, mais nombreux. Elle permet de rendre compte de la diversité des milieux rencontrés et de la présence du peuplement piscicole pour chaque fasciés prospecté.

Au niveau de la zone d'étude, 25 stations de pêche d'une longueur de 200 mètres ont été définies. Leur localisation est choisie en fonction des zones alevinées en respectant un écartement homogène sur le linéaire. De cette façon, les stations ont été réparties entre la rive droite et la rive gauche.

Sur chaque station, 20 points de pêche ont été réalisés en berge et tous les 10 mètres de manière à garantir un échantillonnage aléatoire. Chaque point est pêché pendant 30 secondes

Les coordonnées GPS, l'habitat, le type de substrat et la présence d'anguilles sont recensés sur chaque point de pêche à l'aide d'un *Gétac PS236*.

La turbidité, l'oxygène, le pH, la conductivité et la température de l'eau sont mesurés au niveau de chaque station.

La progression des EPA s'effectue de l'aval vers l'amont afin d'assurer un déplacement face au flot pour éviter de remuer le sédiment au niveau des points encore non pêchés.

7.2.4 Traitement des poissons

Au niveau de chaque station, les anguilles capturées ont été mesurées, pesées et les pathologies externes ont été recensées. Lors de cette campagne, 52 individus ayant une classe de taille comprise entre 160 et 310 mm ont été conservés pour le suivi du marquage à l'alizarine.

Leurs otolithes ont été prélevés et préparés selon la méthode de Mounaix (1992) pour être analysés au microscope à épifluorescence. Cette méthode permet de rechercher la présence du

¹⁰ NF T90-344 : détermination de l'Indice Poisson rivière 'IPR'

¹¹ EN 14011 : Echantillonnage des poissons à l'électricité

¹² EN 14962 : Guide sur le domaine d'application et la sélection des méthodes d'échantillonnage de poissons.

marqueur au niveau de l'otolithe (Figure 182) afin de calculer les taux de croissance au bout d'un an passé dans le milieu. L'estimation de l'âge à partir des otolithes permettra également de valider l'appartenance des individus conservés à la même cohorte que celle de l'année d'alevinage.

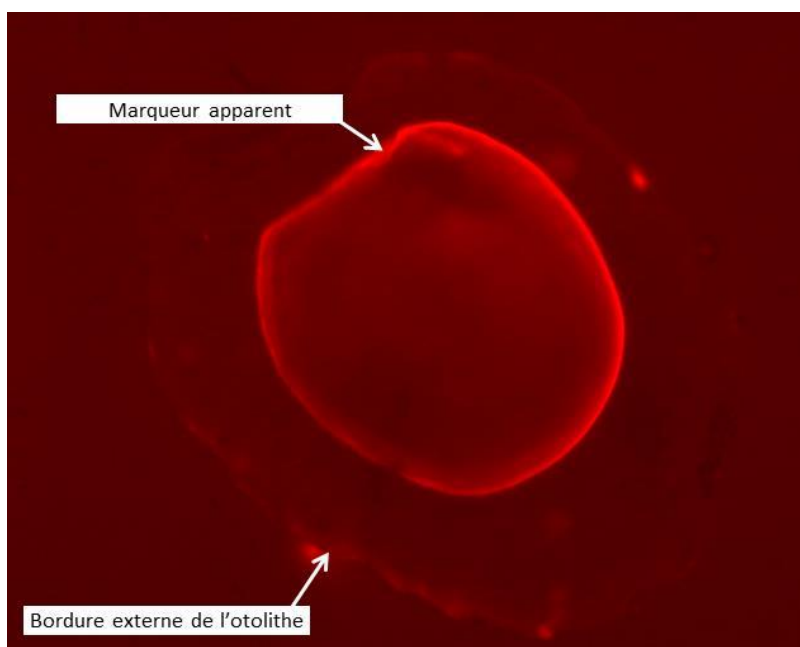


Figure 182 : Exemple d'otolithe observé au microscope à épifluorescence et présentant une marque à l'alizarine suite à une opération d'alevinage (FISH-PASS).

Sur ces mêmes individus, un suivi du parasitisme au niveau de la vessie natatoire a également été réalisé (suivi de la présence actuelle ou passée d'*Anguillicola crassus*).

7.2.5 Présentation des stations de pêche

7.2.5.1 Localisation générale

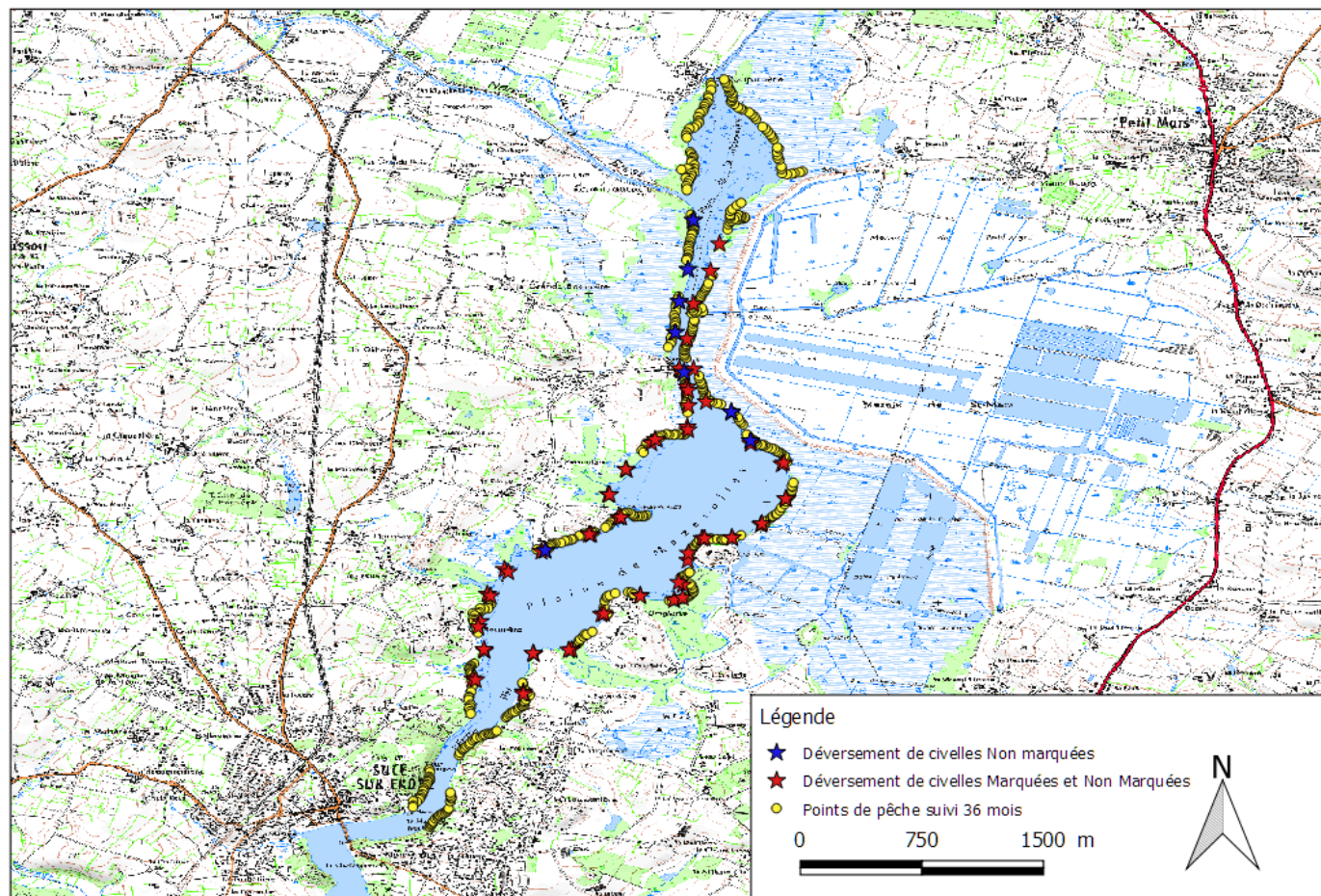


Figure 183 : Localisation des stations de pêche pour le suivi à 36 mois de l'opération d'alevinage sur l'Erdre en 2014.

7.2.5.2 Station 1

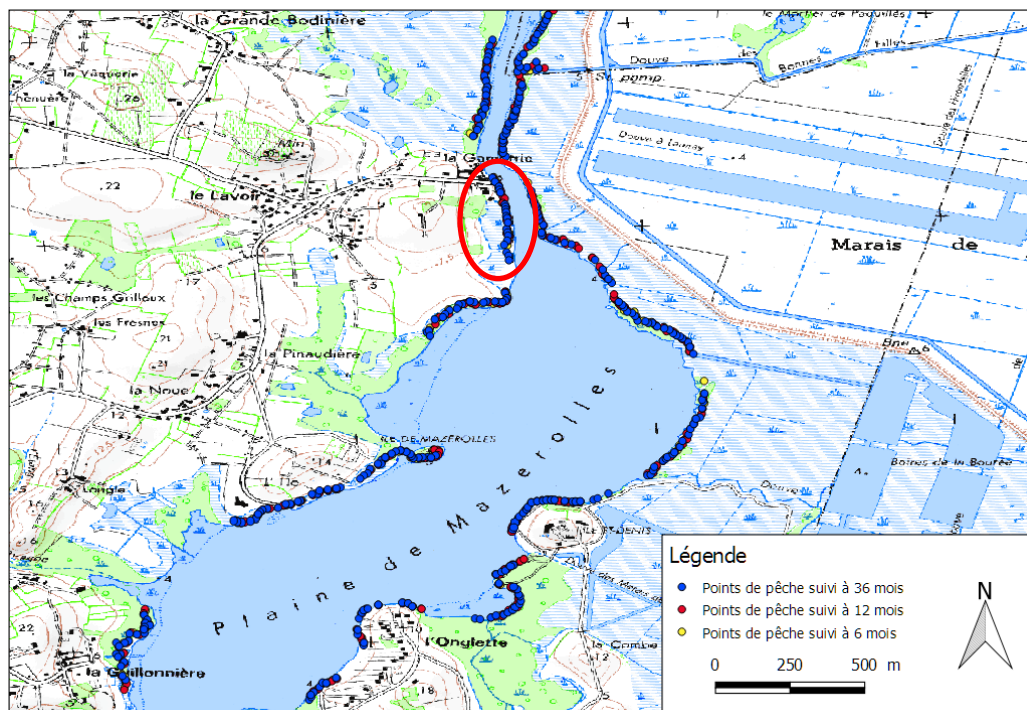


Figure 184 : Plan de localisation de la station 1 (entourée en rouge, Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 185 : Photo de la station 1 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.3 Station 2

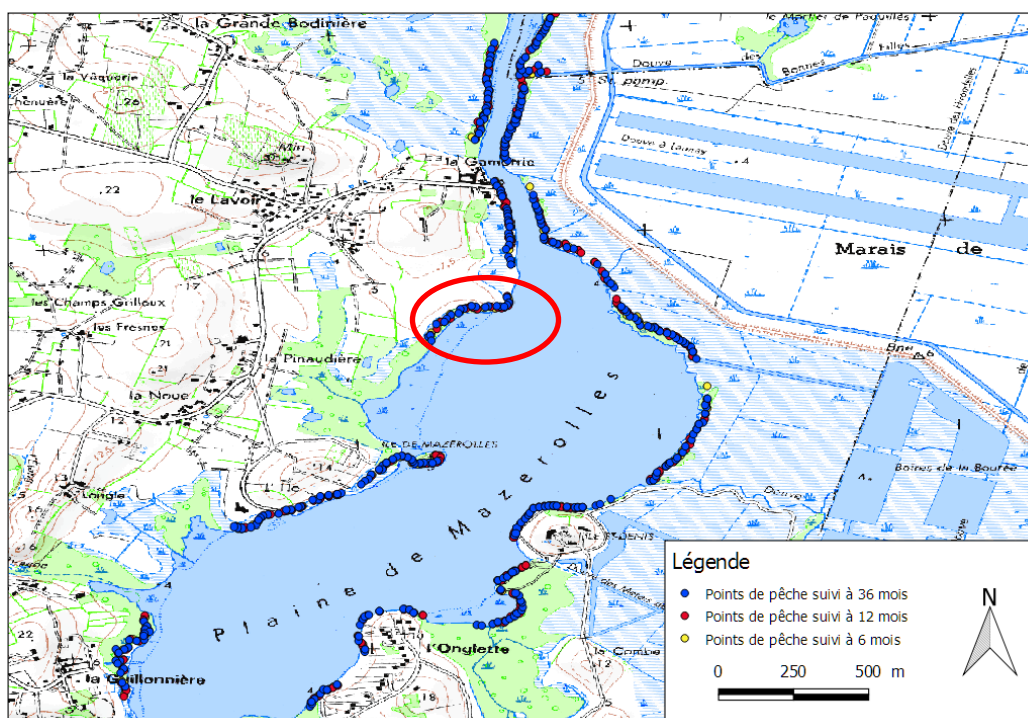


Figure 186 : Plan de localisation de la station 2 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 187 : Photo de la station 2 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.4 Station 3

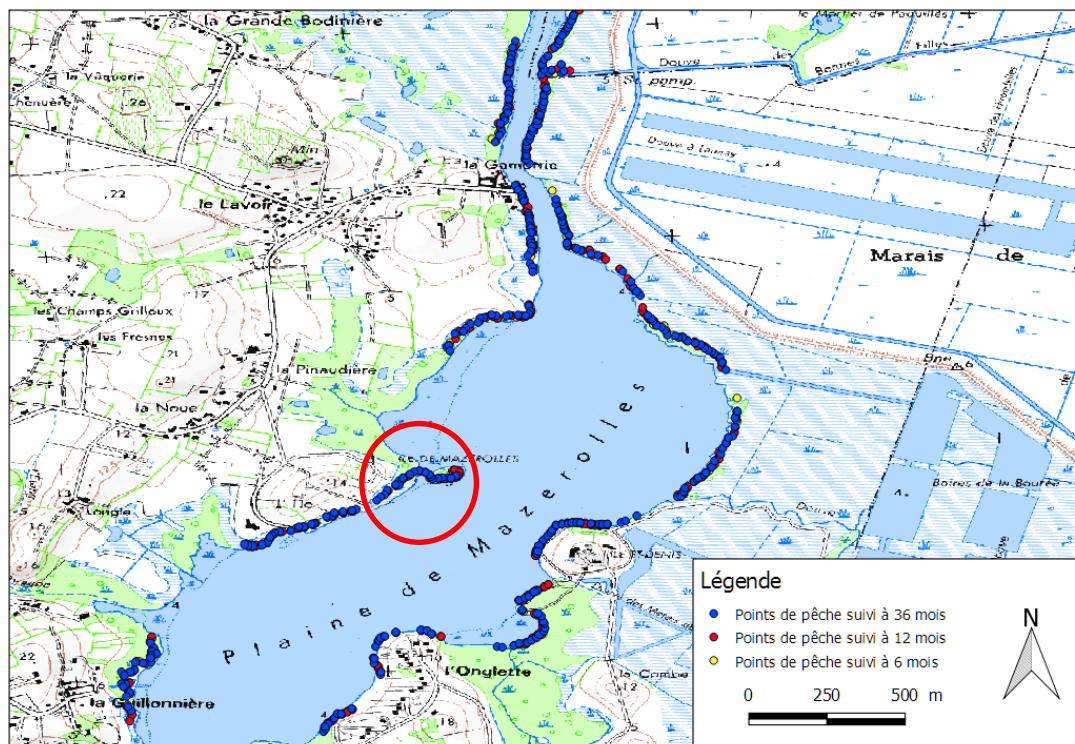


Figure 188 : Plan de localisation de la station 3 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 189 : Photo de la station 3 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.5 Station 4

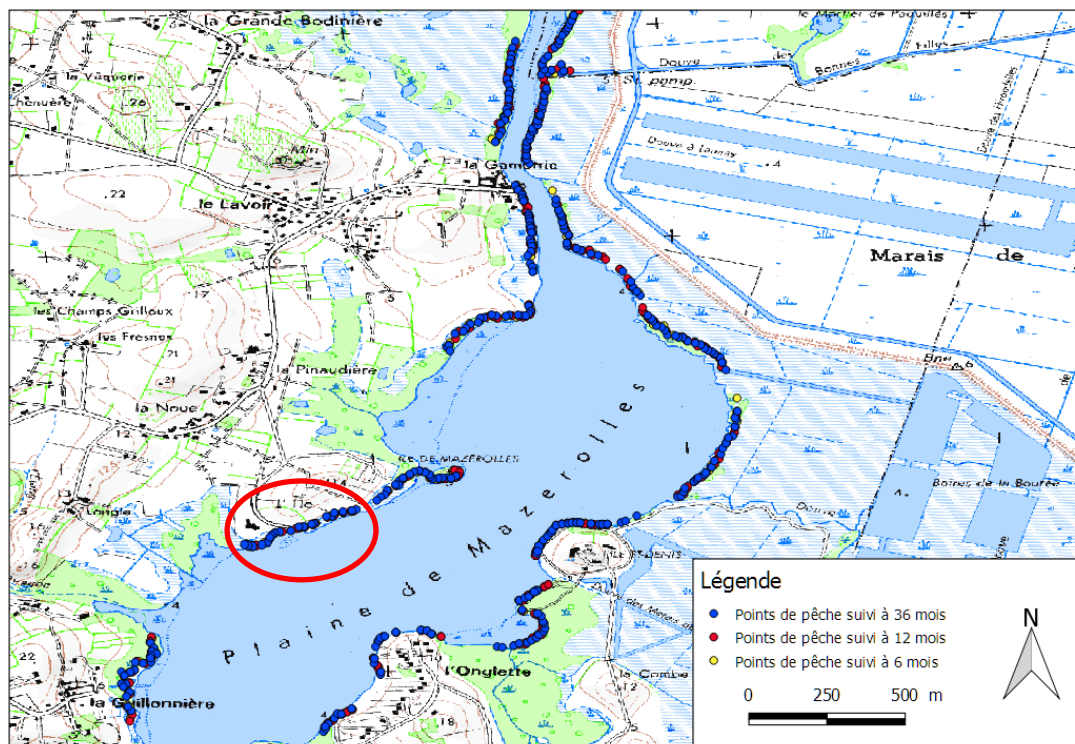


Figure 190 : Plan de localisation de la station 4 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 191 : Photo de la station 4 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.6 Station 5

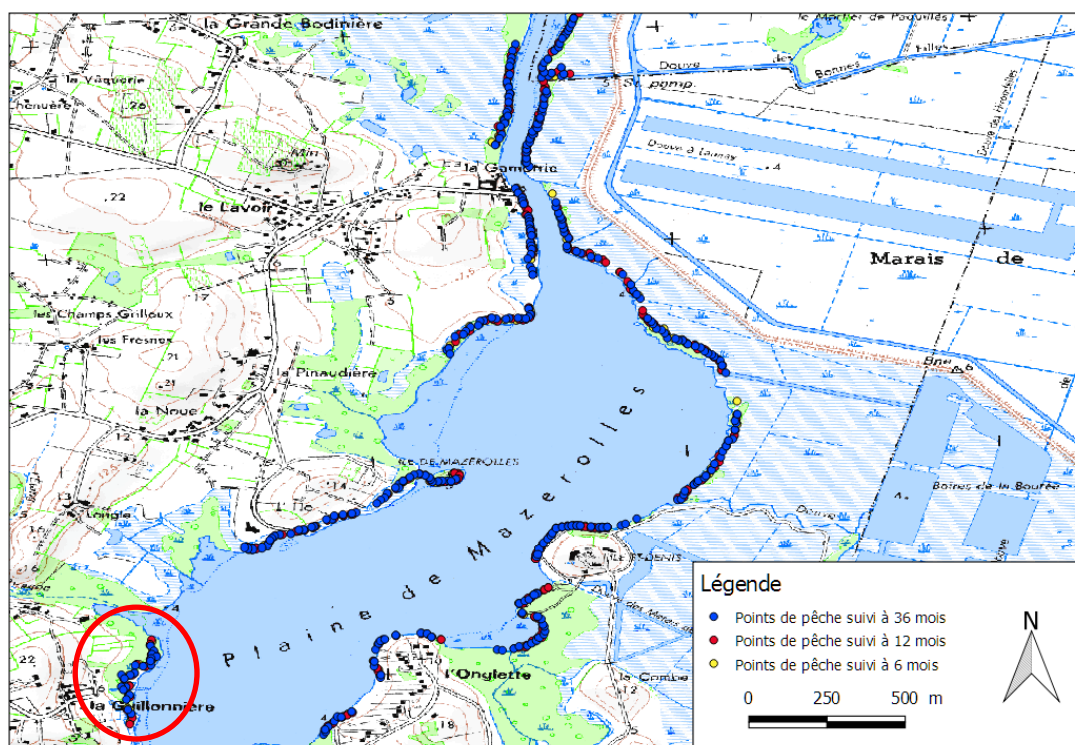


Figure 192 : Plan de localisation de la station 5 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 193 : Photo de la station 5 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.7 Station 6



Figure 194 : Plan de localisation de la station 6 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 195 : Photo de la station 6 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.8 Station 7



Figure 196 : Plan de localisation de la station 7 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 197 : Photo de la station 7 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.9 Station 8



Figure 198 : Plan de localisation de la station 8 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 199 : Photo de la station 8 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.10 Station 9



Figure 200 : Plan de localisation de la station 9 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 201 : Photo de la station 9 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.11 Station 10



Figure 202 : Plan de localisation de la station 10 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 203 : Photo de la station 10 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.12 Station 11



Figure 204 : Plan de localisation de la station 11 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 205 : Photo de la station 11 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.13 Station 12

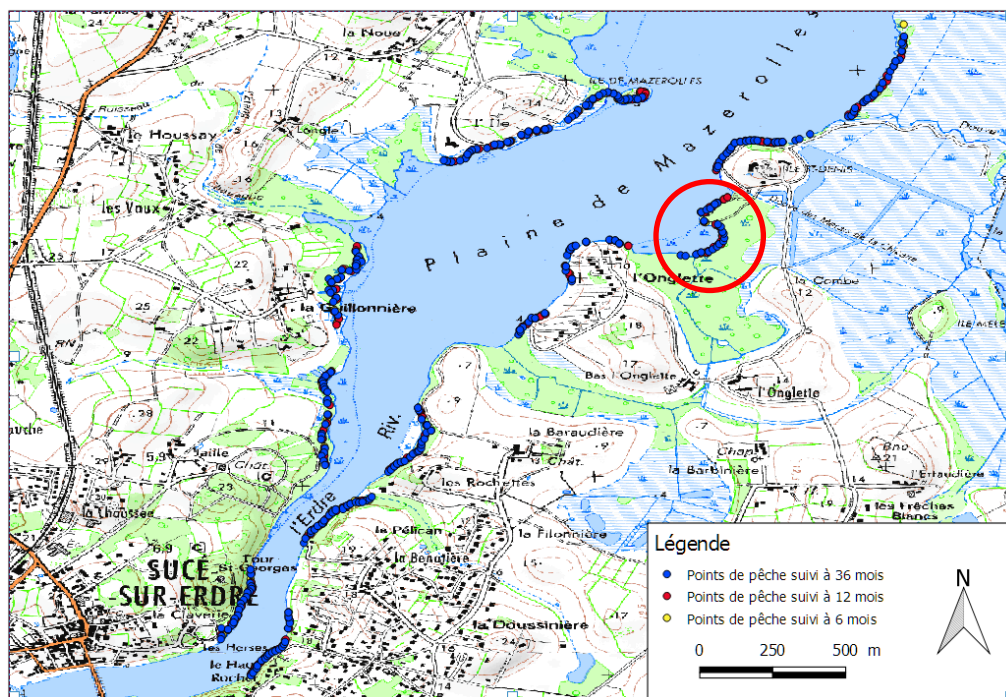


Figure 206 : Plan de localisation de la station 12 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 207 : Photo de la station 12 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.14 Station 13



Figure 208 : Plan de localisation de la station 13 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 209 : Photo de la station 13 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.15 Station 14

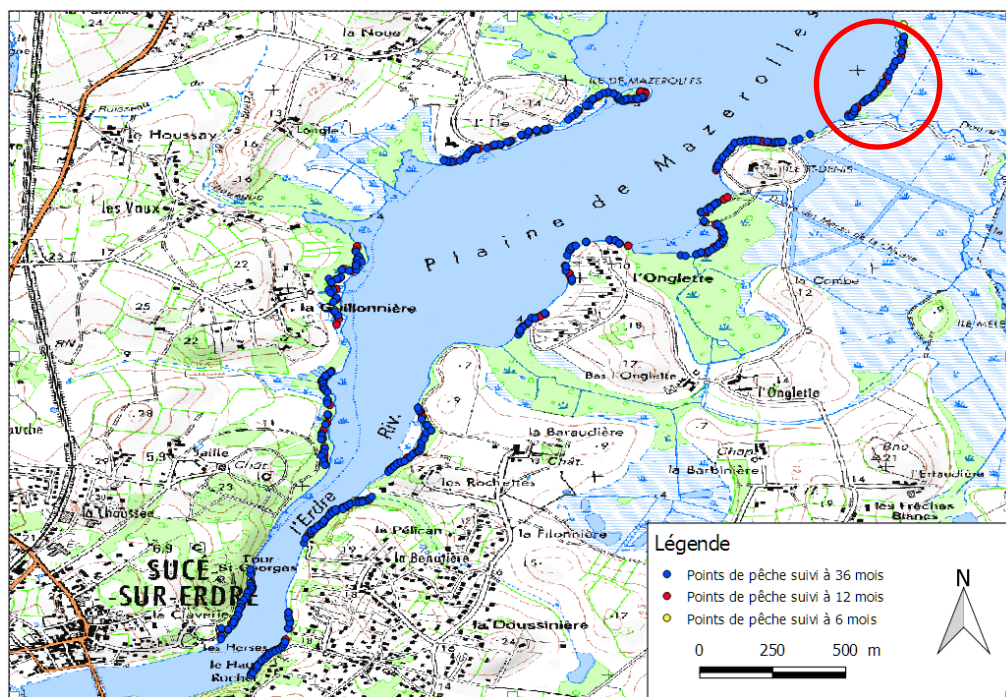


Figure 210 : Plan de localisation de la station 14 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 211 : Photo de la station 14 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.16 Station 15

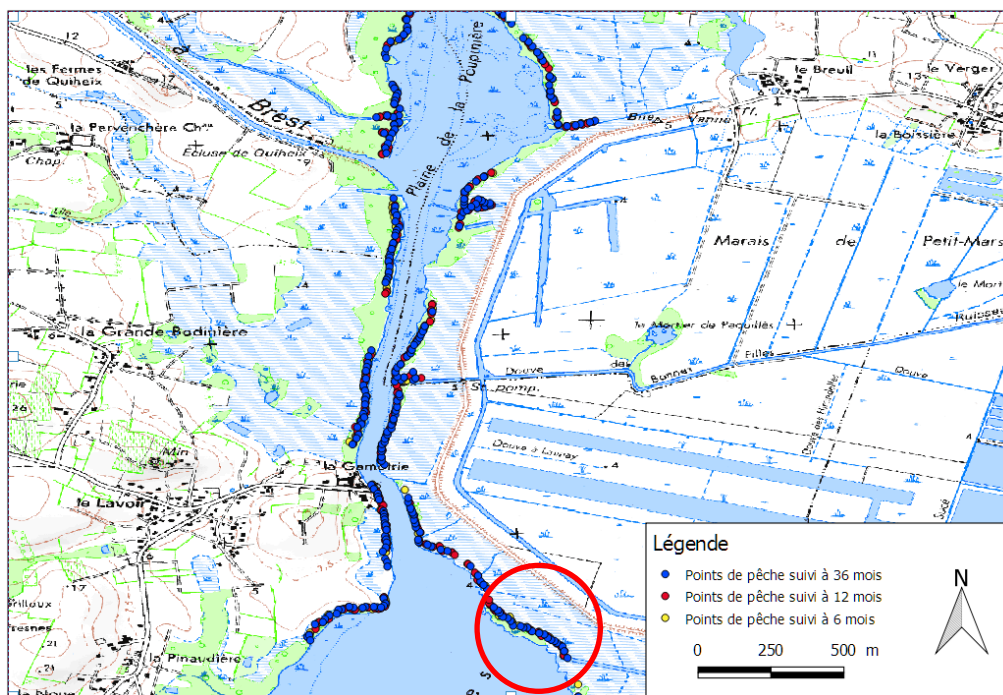


Figure 212 : Plan de localisation de la station 15 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 213 : Photo de la station 15 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.17 Station 16

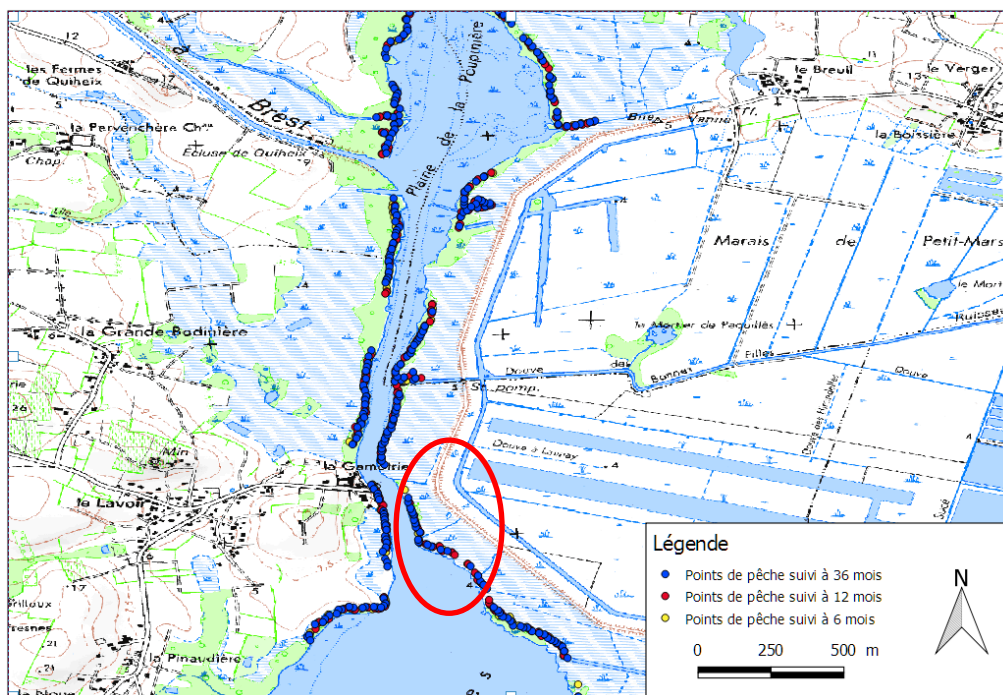


Figure 214 : Plan de localisation de la station 16 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 215 : Photo de la station 16 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.18 Station 17

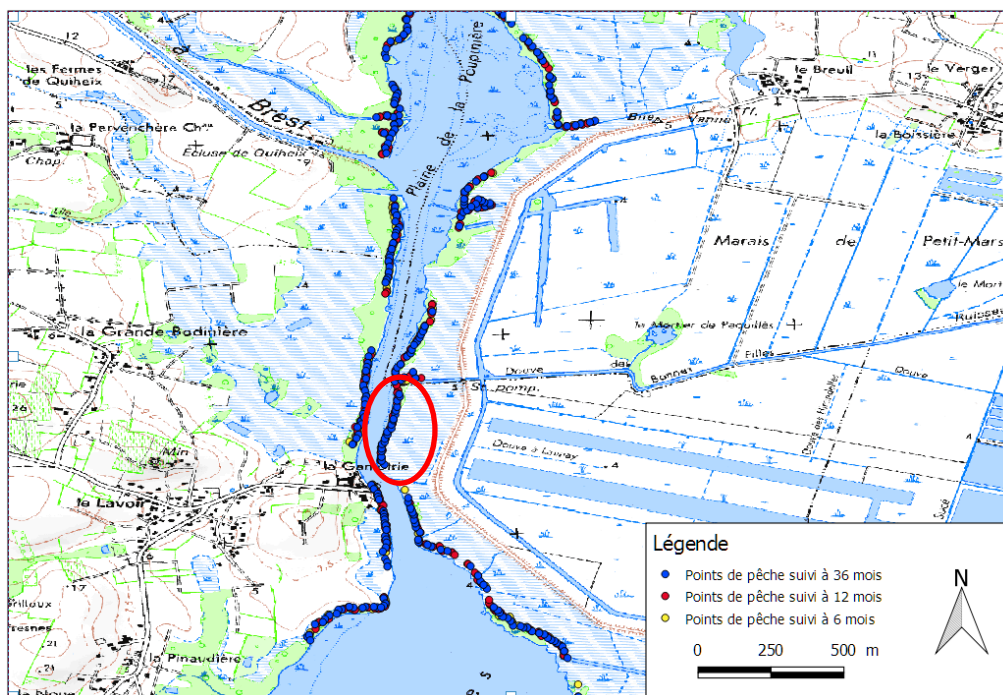


Figure 216 : Plan de localisation de la station 17 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 217: Photo de la station 17 (FISH-PASS 2017)



7.2.5.20 Station 19

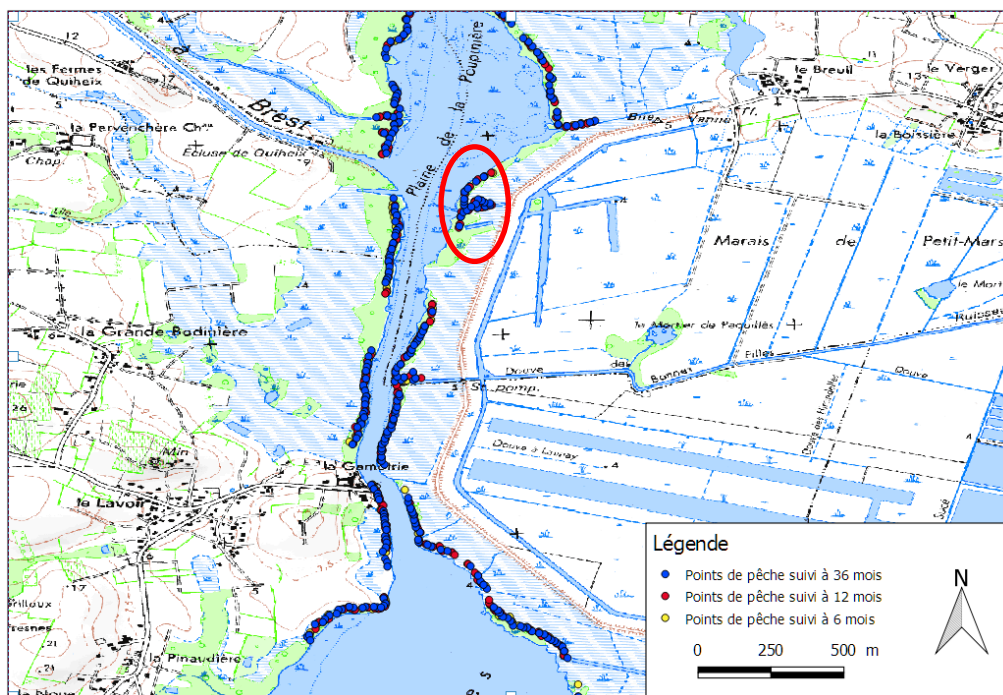


Figure 220 : Plan de localisation de la station 19 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 221 : Photo de la station 19 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.21 Station 20

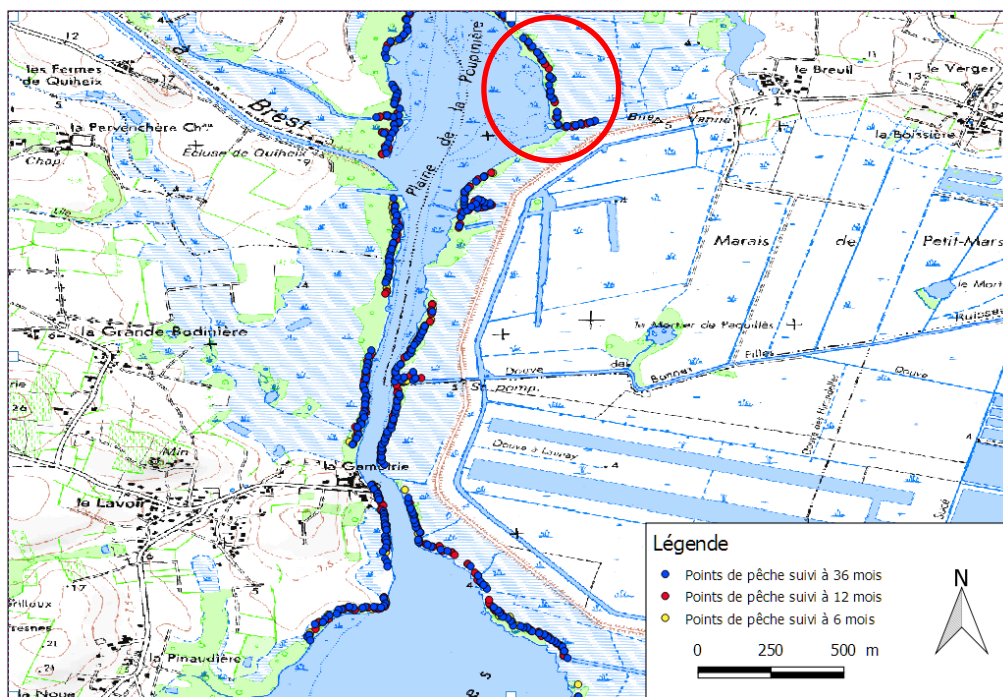


Figure 222 : Plan de localisation de la station 20 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 223 : Photo de la station 20 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.22 Station 21

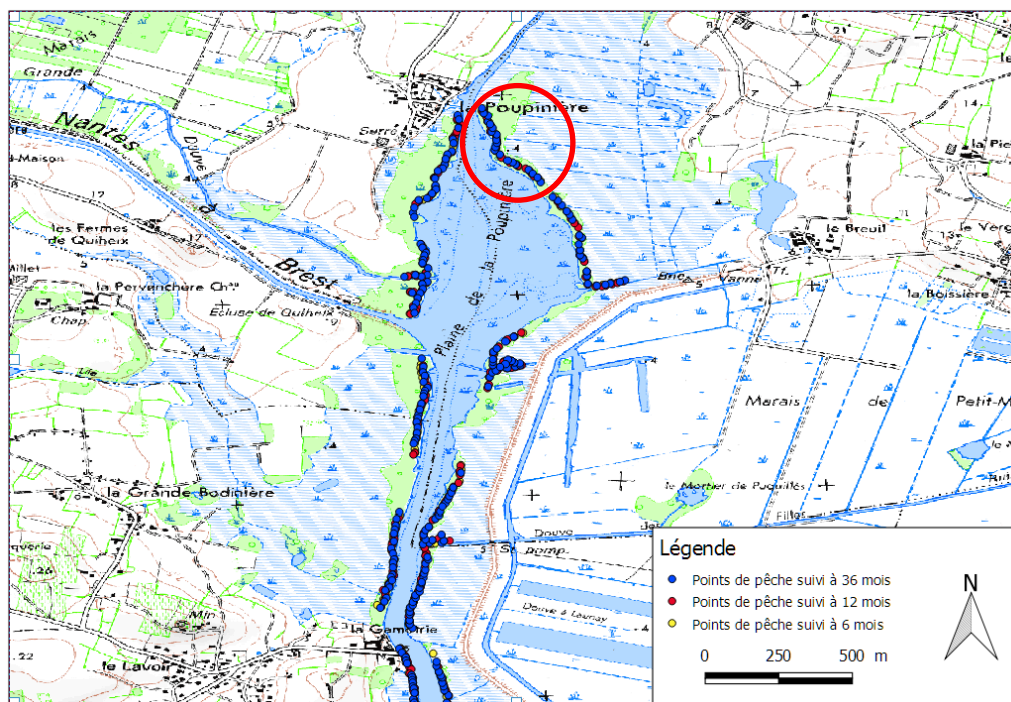


Figure 224 : Plan de localisation de la station 21 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 225 : Photo de la station 21 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.23 Station 22

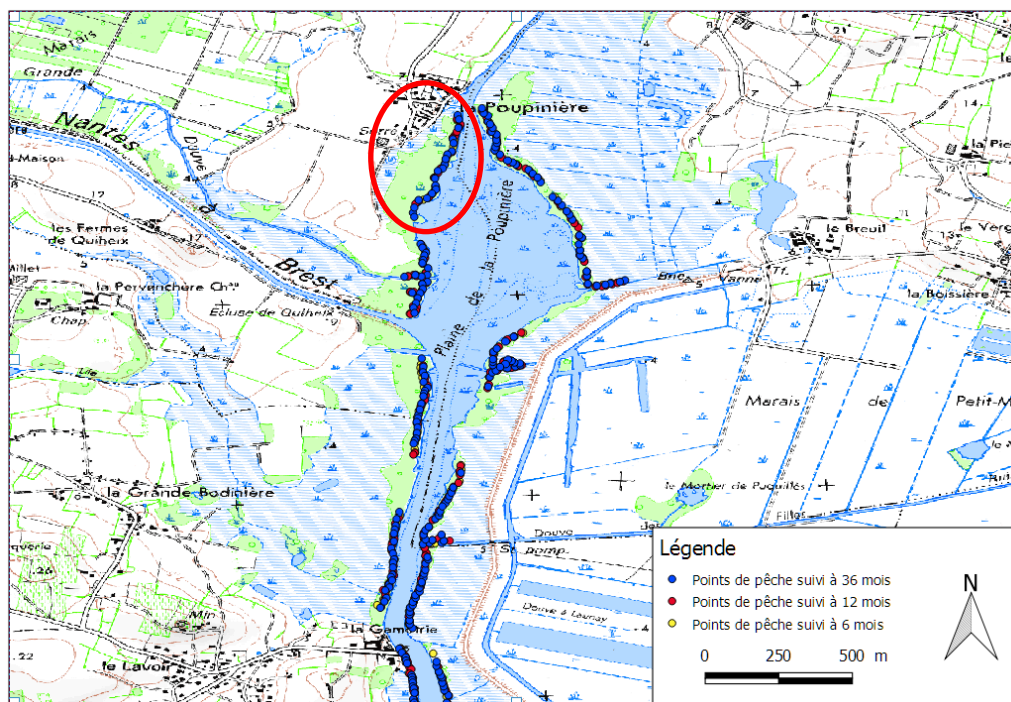


Figure 226 : Plan de localisation de la station 22 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 227 : Photo de la station 22 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.24 Station 23

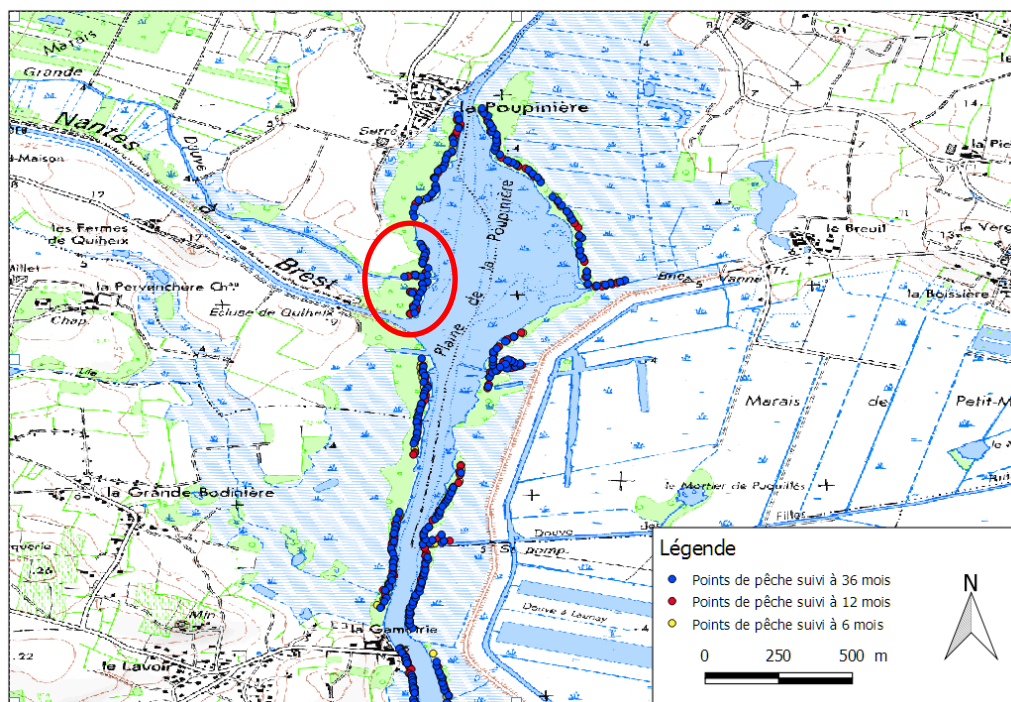


Figure 228 : Plan de localisation de la station 23 (entourée en rouge, fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 229 : Photo de la station 23 (FISH-PASS 2017)

7.2.5.25 Station 24

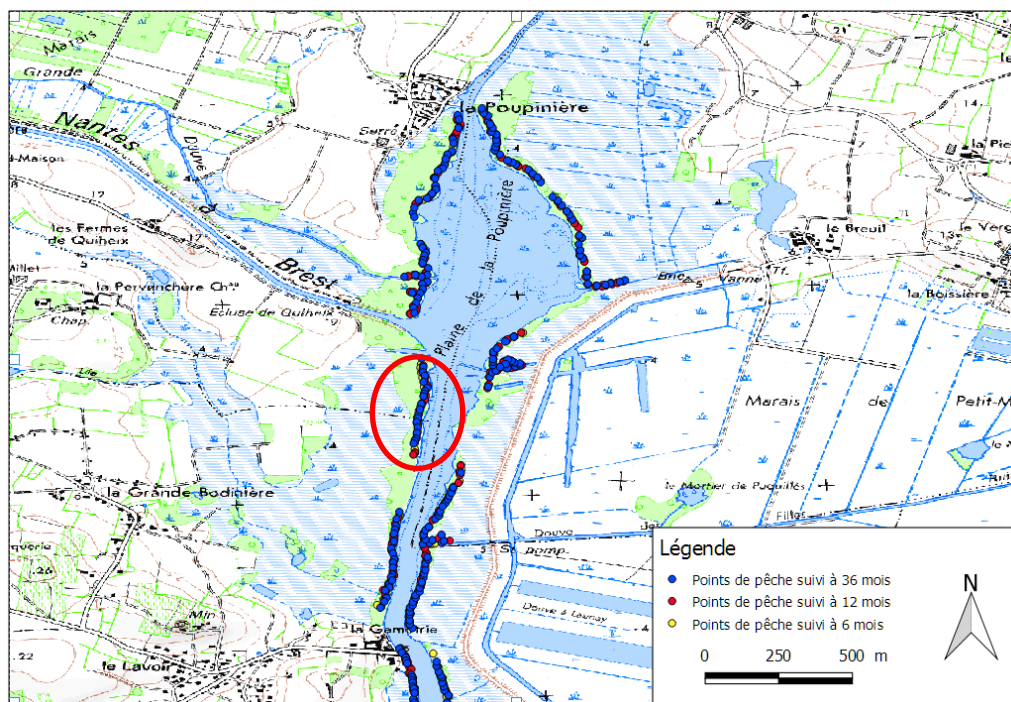


Figure 230 : Plan de localisation de la station 24 (entourée en rouge) (Fond IGN SCAN 25, mise en forme FISH-PASS 2017).



Figure 231 : Photo de la station 24 (FISH-PASS 2017)

7.3 Résultats

7.3.1 Résultats des observations sur le terrain

7.3.1.1 Caractéristiques des stations de pêche prospectées

Le Tableau 16 présente les caractéristiques physico-chimiques des différentes stations de pêche électrique.

Température : la température est globalement homogène sur l'ensemble des stations. Les variations observées sont à mettre en relation avec l'heure où la mesure a été prise (min = 21.8°C ; max = 25.2°C ; moy. = 23.41 ± 0.93 °C).

Conductivité : la conductivité est également homogène (min = 440µS ; max= 550 µS ; moy. = 458 ± 32,63 µS).

O₂ dissous et saturé: les valeurs en oxygène sont hétérogènes avec des variations qui dépendent à la fois du moment de la journée et du recouvrement par les végétaux aquatiques. (**O₂ dissous** = min: 3.9 mg/L; max: 12.4 mg/L; moy.= 8.17 ± 1.98 mg/L- **O₂ sat.**= min= 45 %; max= 146 %; moy.= 95.64 ± 23.93 %).

Turbidité : la turbidité de l'eau est comprises entre 5,46 et 26.69 NTU (moy = 16.48 ± 4.05 NTU).

pH : le pH est stable sur l'ensemble des stations (moy.= 7.92 ± 0.26).

Profondeur : les profondeurs sont hétérogènes entre les stations et dépendent du faciès d'écoulement (min: 10 cm; max: 200 cm; moy.= 63,82 ± 21.69 cm).

Tableau 16: Caractéristiques des stations de pêche électrique - campagne de pêche du printemps 2017 (FISH-PASS)

Stations	Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	O2 dissous (mg/l)	O2 saturation (%)	Turbidité (NTU)	pH	Profondeur moyenne (cm)	Profondeur min (cm)	Profondeur max (cm)
1	31/05/17	21,8	450	4,2	48	14	7,56	60	20	120
2	31/05/17	21,8	445	5,6	63	21	7,75	56	30	120
3	31/05/17	22,7	450	8,4	97	18	8,08	41	20	90
4	31/05/17	22,8	440	8,7	100	16	8,05	36	20	80
5	31/05/17	23,4	445	8,9	104	18	8,2	54	20	90
6	31/05/17	24,2	450	9,3	111	14	8,02	68	20	140
7	31/05/17	24,3	440	7,2	85	13	7,88	73	10	200
8	31/05/17	24,2	440	9,5	110	19	8,3	41	20	80
9	31/05/17	24,7	440	10,3	123	27	8,18	53	30	120
10	31/05/17	24,5	540	12,4	146	15	8,32	50	20	110
11	01/06/17	22,8	460	8,6	99	22	8,27	36	20	70
12	01/06/17	23,0	550	9,3	108	21	8,18	69	30	90
13	01/06/17	23,6	540	9,9	117	19	8,22	44	30	160
14	01/06/17	22,9	450	5,8	69	22	7,81	97	50	170
15	01/06/17	23,7	450	7,7	91	15	7,89	55	20	150
16	30/05/17	25,2	445	9,1	111	17	7,56	74	30	140
17	30/05/17	24,2	440	9,8	116	17	7,72	68	30	110
18	30/05/17	24,6	440	10,7	128	17	7,96	74	40	150
19	30/05/17	22,3	455	7,8	89	15	7,73	84	30	130
20	30/05/17	22,3	450	8,2	93	14	7,95	86	40	120
21	30/05/17	22,5	440	3,9	45	5	7,42	85	50	120
22	30/05/17	22,9	450	7,8	90	14	7,66	72	50	100
23	30/05/17	23,4	450	7,3	85	13	7,66	78	50	120
24	30/05/17	23,6	445	6	70	14	7,85	77	50	110
25	30/05/17	23,8	445	7,9	93	14	7,66	69	50	100
MIN		21,80	440,00	3,90	45,00	5,46	7,42	35,50	10,00	70,00
MAX		25,20	550,00	12,40	146,00	26,69	8,32	96,50	50,00	200,00
MOYENNE		23,41	458,00	8,17	95,64	16,48	7,92	63,82	31,20	119,60
ECART-TYPES		0,93	32,63	1,98	23,93	4,05	0,26	16,80	12,69	30,75

L'occurrence des habitats par station est représentée par la Figure 234 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2017, FISH-PASS). Sur l'ensemble des stations, les principaux habitats rencontrés sont les racines (48.8 %), les hélophytes (11.8 %), les encombres (11.4 %) et les enrochements (9.2 %).

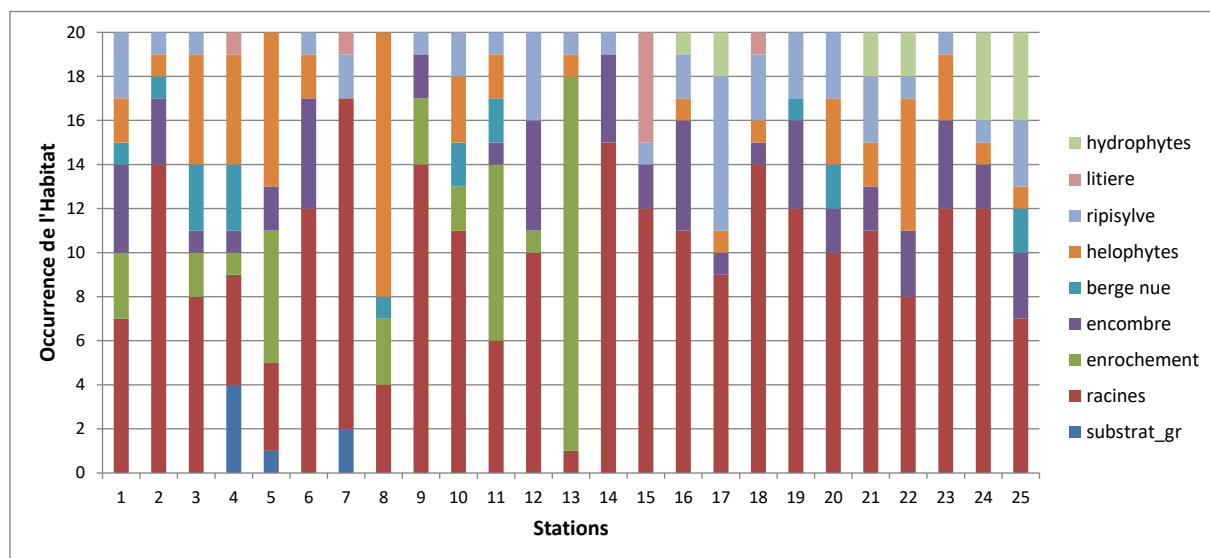


Figure 234 : Typologie des habitats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2017, FISH-PASS)

- Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois -

L'occurrence des substrats correspondants est représentée par la Figure 235. Sur l'ensemble des stations, les principaux substrats sont la litière (65 %) les cailloux (12.6 %) et pierres (11.2%).

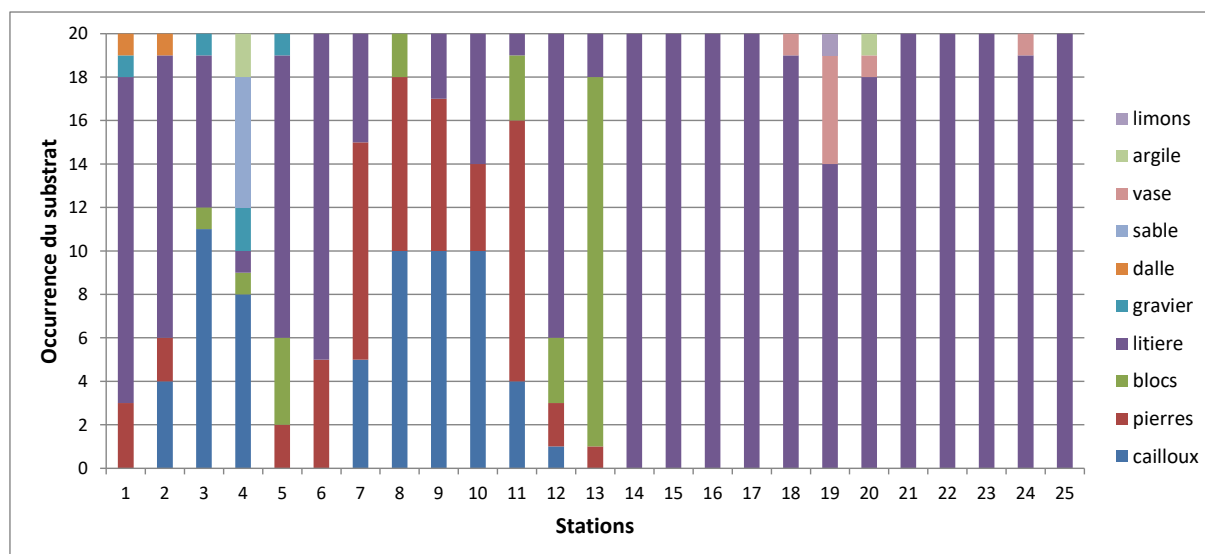


Figure 235 : Types de substrats prospectés au sein de chaque station (Printemps 2017, Fish-Pass)

7.3.1.2 Résultats des prospections par pêches électriques

- **Abondance et données générales sur le peuplement**

Le suivi réalisé sur les 25 stations a permis la capture de **551 anguilles**. Les abondances varient 6 à 65 anguilles par station et leurs tailles sont comprises entre 75 mm et 779 mm (moyenne = 242.1 ± 142.5 mm). Parmi celles-ci, **255 individus** appartiennent à la classe de taille comprise entre **160 et 310 mm** (Figure 236).

Au moment du suivi à 3 ans, 46.3 % des anguilles sont dans la classe de taille des individus susceptibles de provenir de l'opération d'alevinage en 2014.

Le

Tableau 17 présente, pour chaque station, sa localisation (coordonnées x;y) ainsi qu'une synthèse des captures d'anguilles (abondance, CPUE, biomasse, tailles et nombre d'individus conservés).

La Figure 174 schématise la localisation des stations ainsi que le nombre d'anguilles capturées sur chacune d'entre elles lors de cette campagne de suivi.

- Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois -

Tableau 17 : Localisation et synthèse des captures par station (FISH-PASS)

Station	Limite aval		Limite amont		Abondance	CPUE (nb individus/point)	Abondance ind de 160 à 310 mm	% ind <= 310 mm	Biomasse (g)	Taille moyenne (mm)	Taille min (mm)	Taille max (mm)	écart-type	N individus conservés
	X	Y	X	Y										
1	-1,498500000	47,377397000	-1,497767000	47,373743000	13	0,65	4	30,8	1006	251	125	655	166,3	2
2	-1,497938000	47,372302000	-1,501272000	47,370395000	20	1	9	45,0	2012	248	89	726	179,7	2
3	-1,501015000	47,365100000	-1,504372000	47,364068000	26	1,3	10	38,5	1432	242	88	612	136,1	2
4	-1,505245000	47,363682000	-1,509978000	47,362225000	25	1,25	7	28,0	537	181	82	538	124,5	2
5	-1,513958000	47,358082000	-1,514778000	47,355207000	19	0,95	9	47,4	1712	278	146	682	166,6	3
6	-1,515107000	47,352620000	-1,515367000	47,348408000	16	0,8	10	62,5	588	210	89	461	90,7	2
7	-1,518752000	47,343712000	-1,520092000	47,340552000	42	2,1	27	64,3	1616	243	88	600	102,4	2
8	-1,518725000	47,338893000	-1,517028000	47,341767000	52	2,6	31	59,6	2412	237	102	625	115,8	2
9	-1,516322000	47,344915000	-1,513245000	47,346962000	41	2,05	18	43,9	3643	289	107	686	157,4	2
10	-1,512493000	47,348092000	-1,511148000	47,351003000	35	1,75	12	34,3	3091	266	83	704	169,1	2
11	-1,506630000	47,354322000	-1,502058000	47,358457000	65	3,25	22	33,8	2238	194	75	580	123,1	2
12	-1,499270000	47,357922000	-1,497605000	47,360290000	6	0,3	3	50,0	138	200	88	361	92,3	2
13	-1,497618000	47,361863000	-1,493398000	47,363417000	50	2,5	22	44,0	4983	299	95	779	161,6	3
14	-1,491667000	47,364217000	-1,489132000	47,367842000	8	0,4	5	62,5	522	250	102	569	143,2	1
15	-1,489627000	47,369595000	-1,492938000	47,371898000	29	1,45	13	44,8	269	167	84	328	65,9	1
16	-1,493247000	47,372740000	-1,496820000	47,376812000	10	0,5	5	50,0	756	241	88	700	180,6	2
17	-1,497902000	47,378325000	-1,497233000	47,381517000	8	0,4	4	50,0	116	180	84	319	85,6	2
18	-1,497430000	47,382095000	-1,495725000	47,385265000	9	0,45	2	22,2	430	210	83	541	158,2	2
19	-1,494497000	47,389138000	-1,493390000	47,391378000	12	0,6	7	58,3	1335	289	121	669	199,1	4
20	-1,488380000	47,393920000	-1,491640000	47,397663000	17	0,85	10	58,8	547	226	106	478	104,0	2
21	-1,492183000	47,398328000	-1,494778000	47,401655000	9	0,45	6	66,7	102	186	115	279	54,6	2
22	-1,495872000	47,401345000	-1,497823000	47,396768000	11	0,55	5	45,5	777	244	92	626	148,8	2
23	-1,497543000	47,395552000	-1,497815000	47,392448000	14	0,7	6	42,9	1543	325	105	546	170,3	2
24	-1,497488000	47,390403000	-1,497853000	47,386578000	8	0,4	4	50,0	1226	363	201	713	173,5	2
25	-1,498495000	47,383505000	-1,499353000	47,379238000	6	0,3	4	66,7	359	265	128	501	130,7	2
Total					551	1,102	255	46,3%	33390	242	75	779	142,5	52

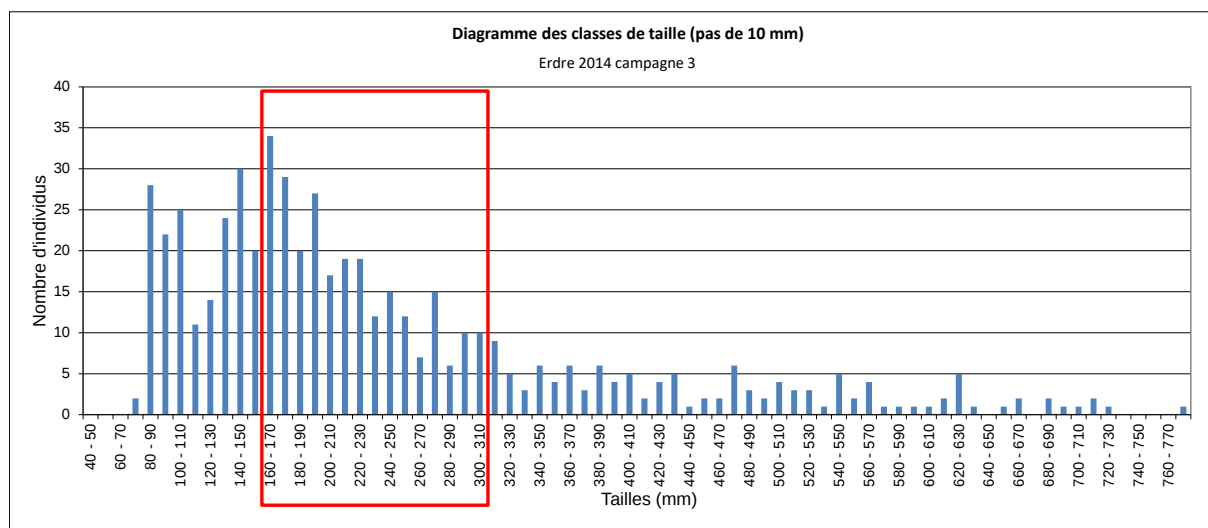


Figure 236 : Structure des classes de tailles des individus capturés sur l'Erdre (25 stations, N=551) ; encadré en rouge : classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014 (FISH-PASS).

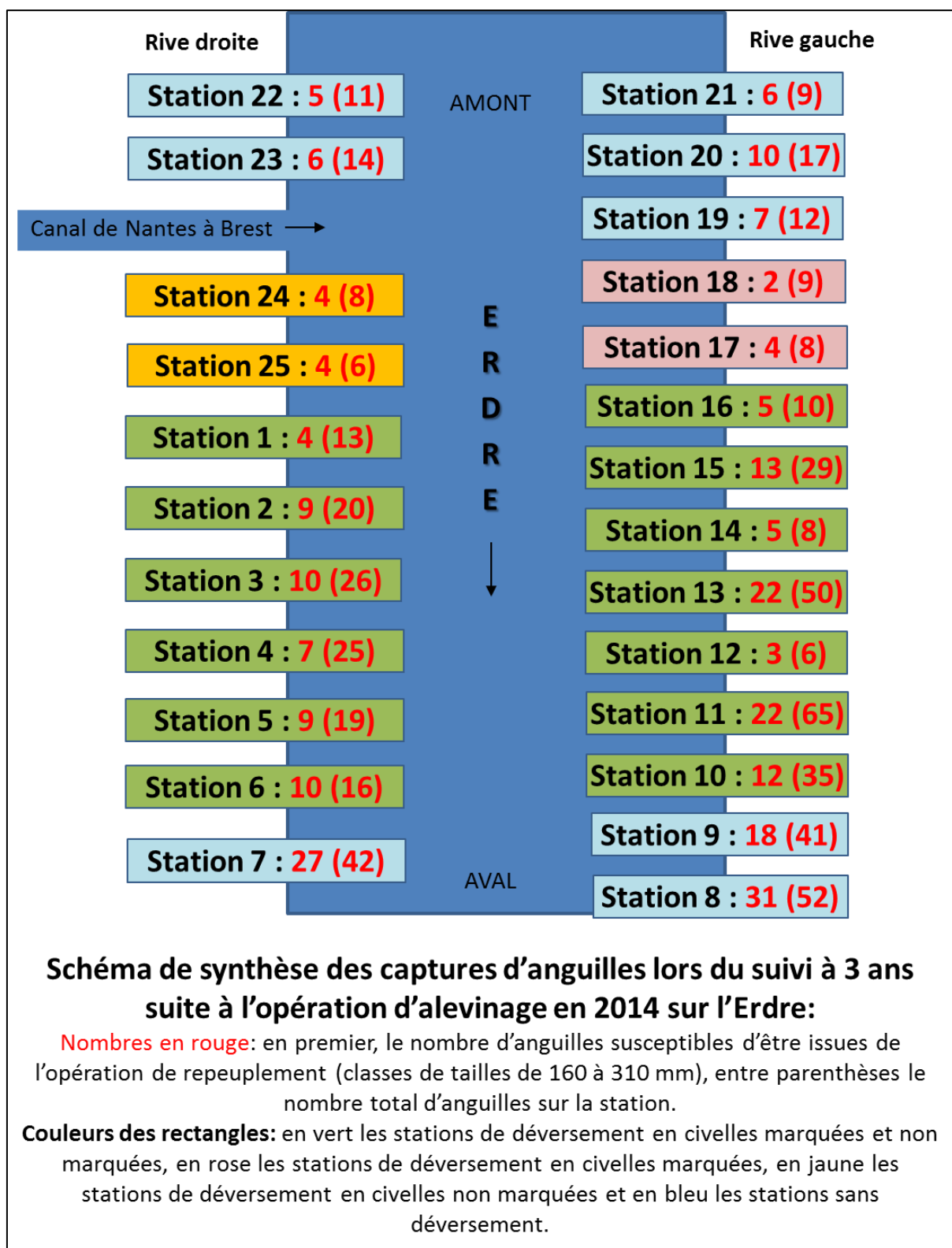


Figure 237 : Schéma de synthèse de la troisième campagne de suivi post alevinage (FISH-PASS, 2017)

- **Paramètres morpho-métriques**

Les individus mesurés et pesés ont permis d'établir une relation taille-poids (Figure 238). La transformation des données par la fonction Ln permet de mettre en évidence une corrélation à 98.4% entre le poids et la taille des individus étudiés.

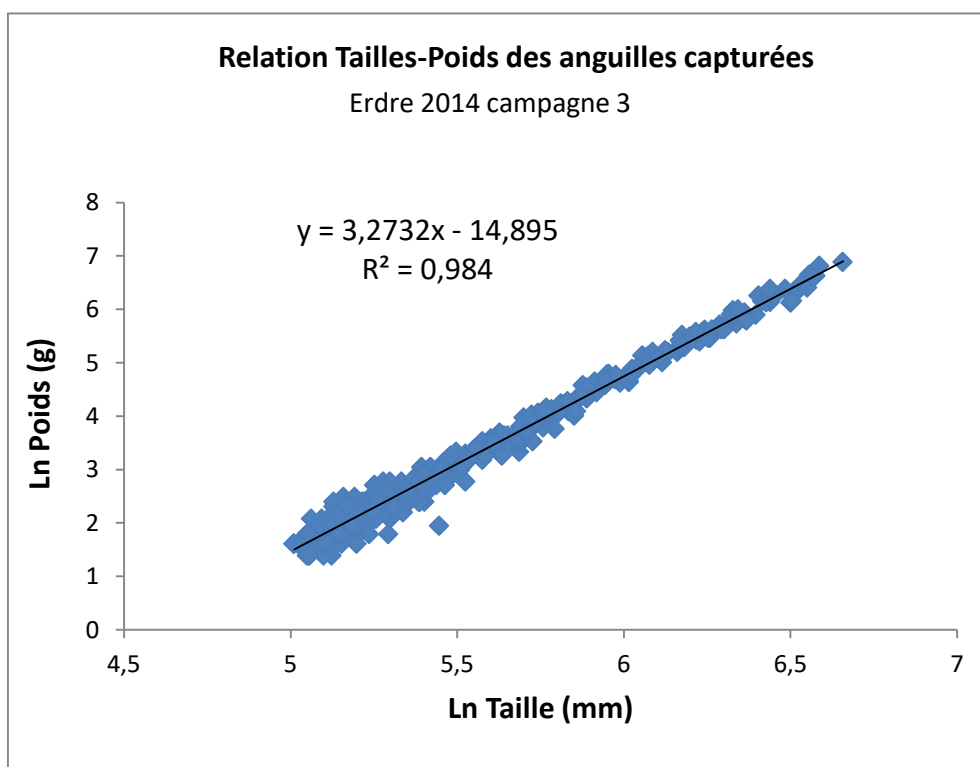


Figure 238 : Relation tailles-poids des anguilles capturées sur l'Erdre (N=394) (Printemps 2017, FISH-PASS)

- **Relevé des pathologies externes**

412 anguilles capturées durant la campagne présentent des lésions externes (Figure 239). Parmi les individus ne présentant aucune pathologie (n=139; taille min : 75 mm ; taille max : 414 mm), 49.6 % appartiennent à la classe de taille entre 160 et 310 mm.

Neuf types de pathologies ont été recensés sur les individus (Figure 240) majoritairement représentés par des érosions cutanées (38.6 %), des hémorragies (17.9 %), et des hyper-sécrétions de mucus (15.9 %). **Un détail du codage des lésions est disponible en annexe.**

La Figure 241 présente l'occurrence de ces pathologies en fonction des zones corporelles atteintes et de leur intensité.

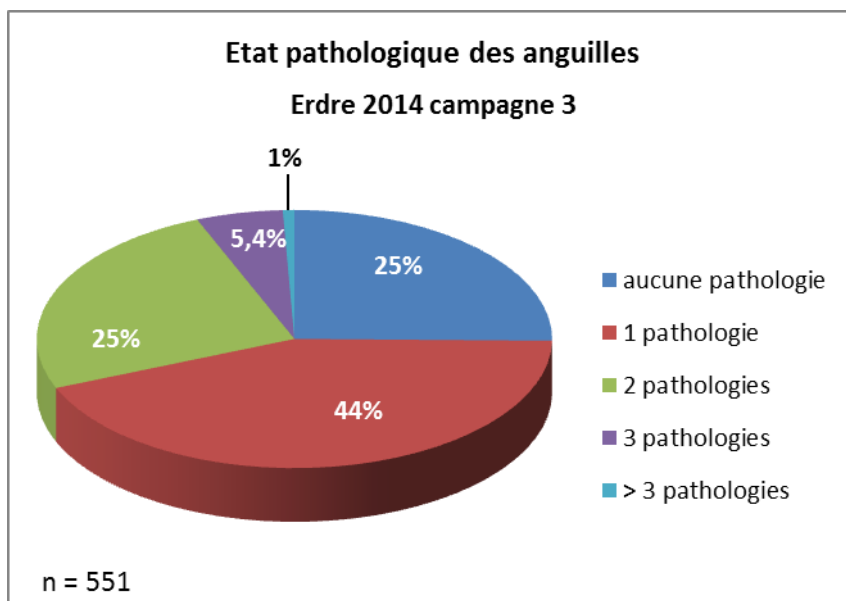


Figure 239 : État sanitaire des anguilles capturées sur l'Erdre (N= le nombre d'anguilles) (Printemps 2017, FISH-PASS)

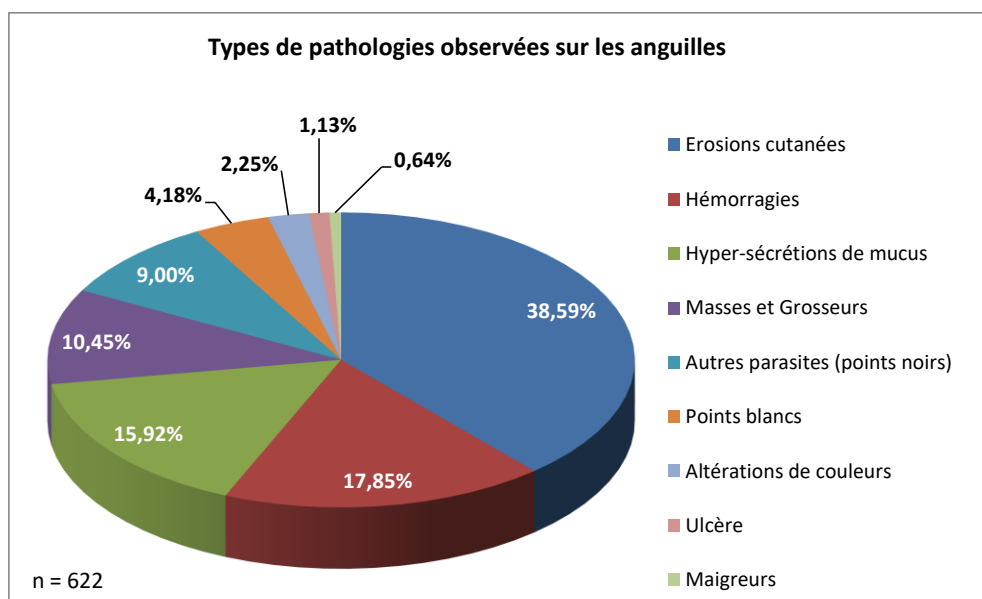


Figure 240 : Types de pathologies externes observées sur les anguilles de l'Erdre (Nobs = le nombre de pathologies observées) (Printemps 2017, FISH-PASS)

- Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois -

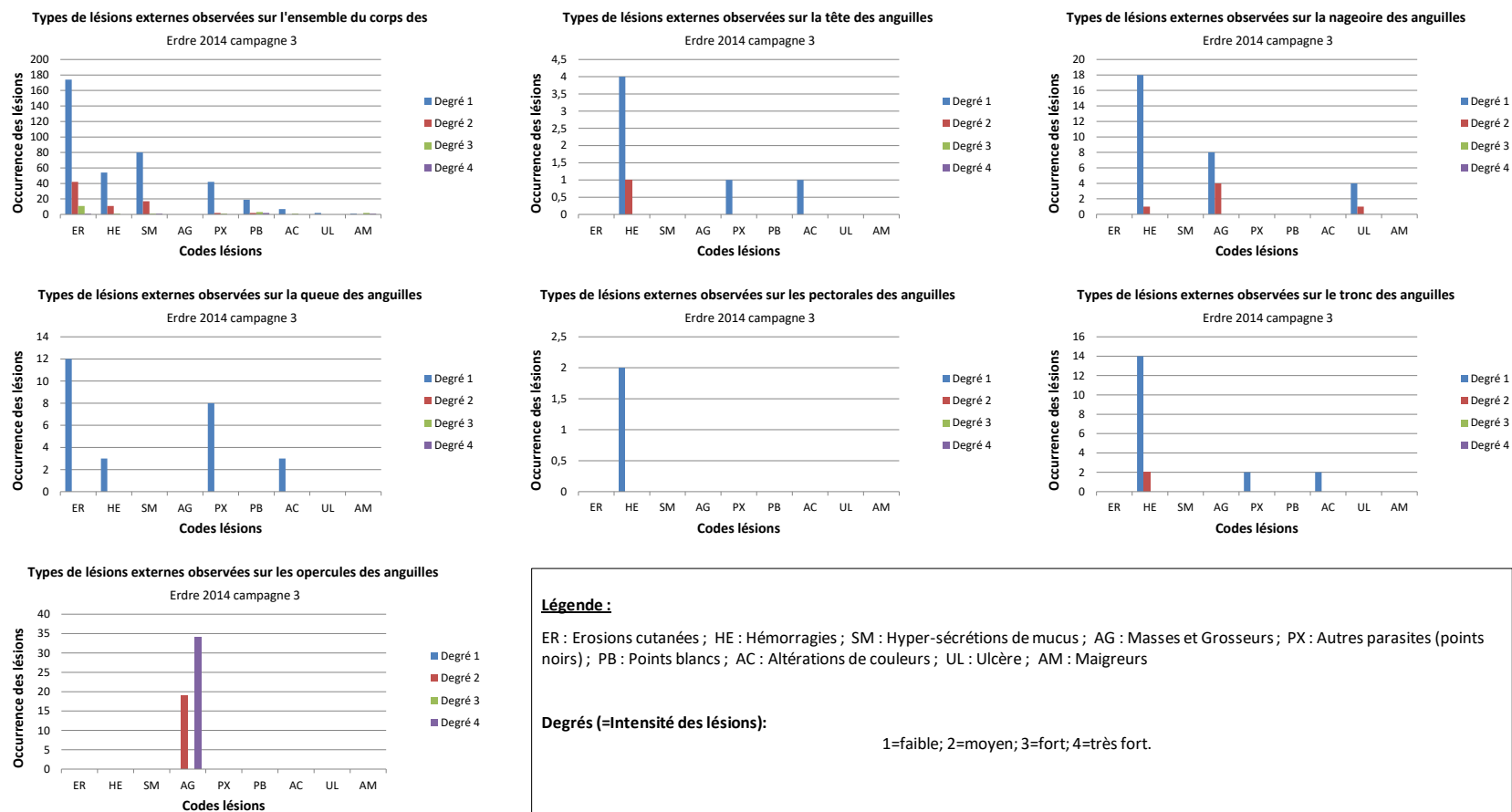


Figure 241 : Occurrence des lésions externes classées par région corporelle et en fonction de leur degré d'intensité, observées chez les anguilles de l'Erdre capturées lors du suivi à 3 ans. (FISH-PASS)

7.3.2 Résultats des recherches en laboratoire

7.3.2.1 Recherche de marque

Sur les 52 anguilles conservées, 35 appartiennent à la cohorte de 2014 et 7 individus sont marqués, soit un taux de recapture de 20 %.

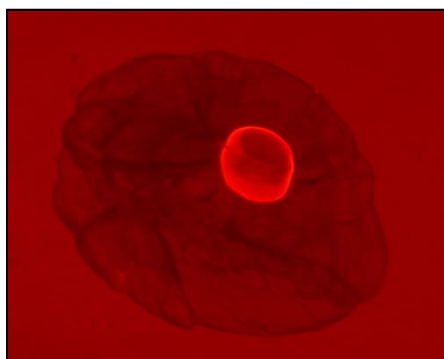


Figure 242 : Otolithe d'un individu issu du repeuplement sur la l'Erdre en 2014 et présentant un marquage à l'alizarine. (FISH-PASS)

Le Tableau 18 présente les caractéristiques des individus marqués (stations, numéros d'individus, longueurs mesurées sur le terrain et en laboratoire, poids).

Tableau 18 : Caractéristiques des individus marqués (FISH-PASS) :

Station	N°Individu	Longueur labo	Longueur terrain	Poids	Age
1	10	241	248	21,4	3
2	25	236	242	20,1	3
5	96	205	207	14,4	3
17	462	175	178	8,11	3
21	510	198	207	11,8	3
22	519	215	221	13,9	3
24	538	198	201	11,9	3

La Figure 243 : Schéma de synthèse de la troisième campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS) rend compte de la localisation de ces individus marqués suivant le schéma des stations de pêche.

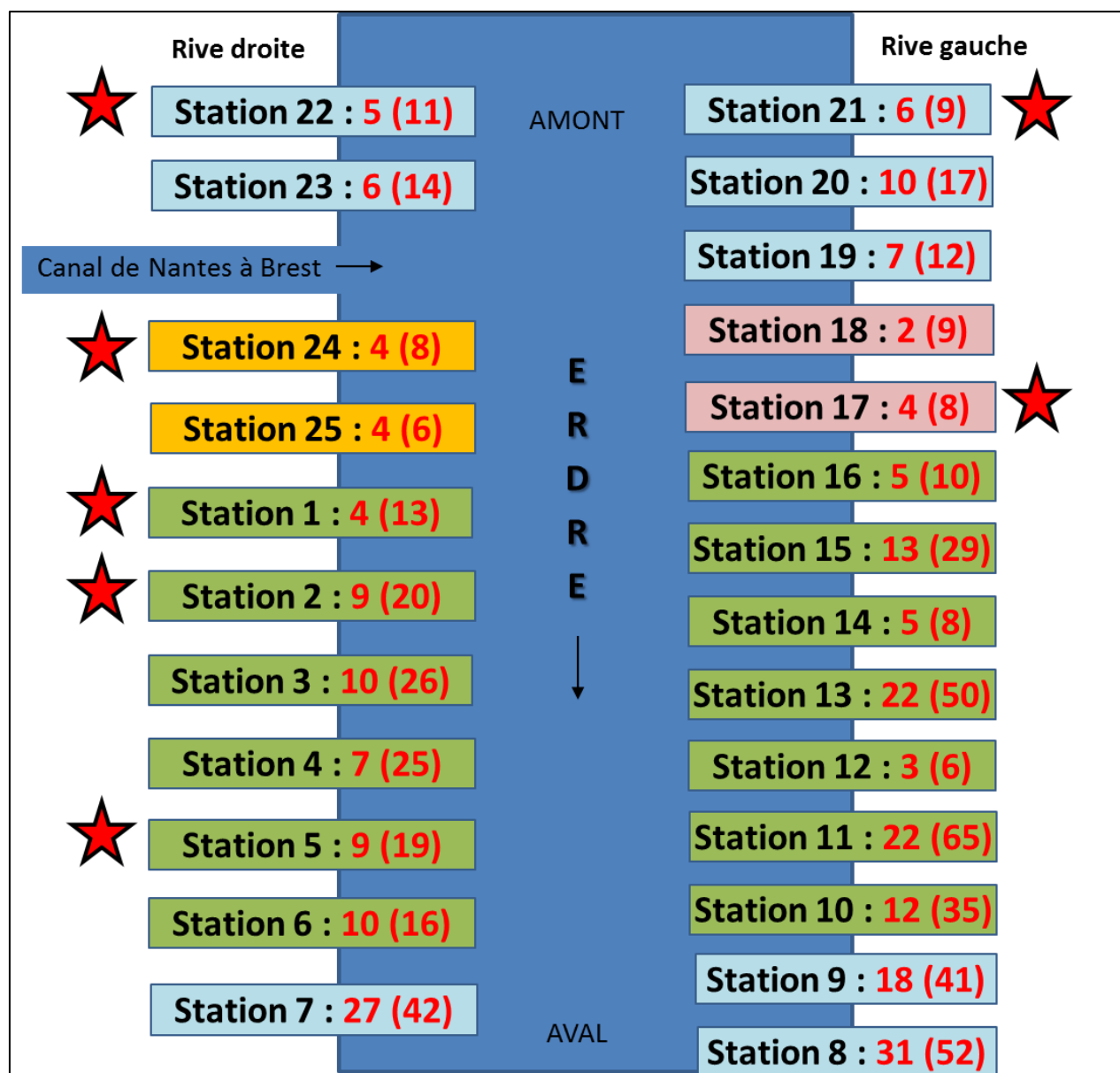


Schéma de synthèse des captures d'anguilles lors du suivi à 3 ans suite à l'opération d'alevinage en 2014 sur l'Erdre:

Nombres en rouge: en premier, le nombre d'anguilles susceptibles d'être issues de l'opération de repeuplement (classes de tailles entre 160 et 310 mm), entre parenthèses le nombre total d'anguilles sur la station.

Couleurs des rectangles: en vert les stations de déversement en civelles marquées et non marquées, en rose les stations de déversement en civelles marquées, en jaune les stations de déversement en civelles non marquées et en bleu les stations sans déversement.

Les **étoiles rouges** localisent les anguilles marquées recapturées au niveau des stations.

Figure 243 : Schéma de synthèse de la troisième campagne de suivi post alevinage avec la localisation des individus marqués (FISH-PASS)

7.3.2.2 Étude des taux de croissance

L'estimation de l'âge à partir des otolithes a permis de vérifier si les anguilles conservées appartiennent à la cohorte de 2014. Ainsi, les 35 anguilles âgées de 3 ans permettent de définir une classe de taille comprise entre 178 et 310 mm (moyenne = 232.0 ± 30.77 mm).

Lors du déversement, en 2014, les civelles mesuraient en moyenne $69,3 \pm 3,45$ mm (n=50). 36 mois plus tard, les anguilles marquées et recapturées mesuraient en moyenne 214.9 ± 24.31 mm, soit une croissance moyenne d'environ 146 mm (taille terrain).

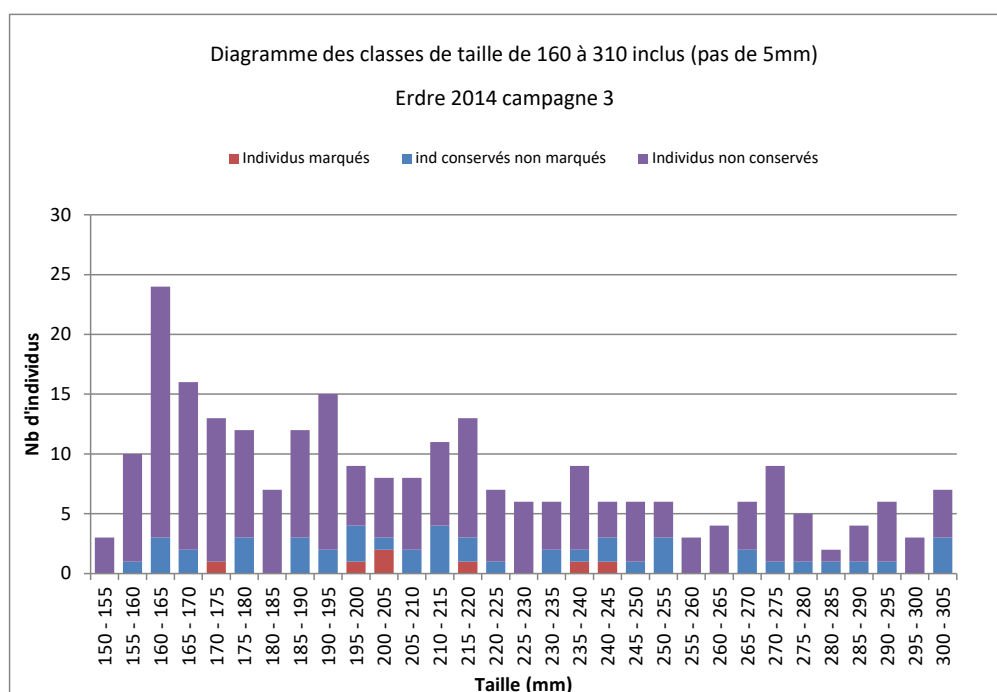


Figure 244 : Comparaison des structures des classes de tailles des individus capturés en pêche électrique à 36 mois (entre 160 et 310 mm) (FISH-PASS)

7.3.2.3 Parasitologie

Le Tableau 19 présente les caractéristiques des anguilles conservées pour la recherche des marquages et pour l'étude du parasitisme interne (vessie natatoire).

- Suivi de l'opération d'alevinage à 36 mois -

Tableau 19 : Synthèse des caractéristiques des individus conservés. La 1^{ère} colonne permet de différencier l'ensemble des individus marqués des non marqués afin de traiter séparément leurs tailles, leurs poids et les résultats d'analyses des vessies natatoires (étude de la qualité ainsi que du nombre de parasites) (FISH-PASS).

Marquées oui/non		Longueur terrain (mm)	Poids (g)	Vessie Natatoire			Parasite (nb)
				Opacité	Epaisseur	Pigmentation	
oui	Moyenne	214,86	14,52	1,14	1,14	1,29	0,71
	Min	178,00	8,11	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	248,00	21,40	2,00	2,00	2,00	4,00
	Ecart type	24,31	4,73	0,69	0,69	0,95	1,50
non	Moyenne	227,73	19,52	0,87	0,76	0,98	1,40
	Min	163	6	0	0	0	0
	Max	310	46	2	2	2	12
	Ecart type	43,19	11,90	0,81	0,80	0,81	2,47
total	Moyenne	226,00	18,85	0,90	0,81	1,02	1,31
	Min	163	6	0	0	0	0
	Max	310	46	2	2	2	12
	Ecart type	41,22	11,30	0,80	0,79	0,83	2,36

Dès le stade précoce de la croissance, 55.8 % des anguilles conservées sont parasitées (Figure 245) au niveau de leur vessie natatoire (en moyenne 1.31 ± 2.36 parasites/anguille). Parmi les individus non parasités (n=29), 4 n'ont aucune trace antérieure de présence parasitaire.

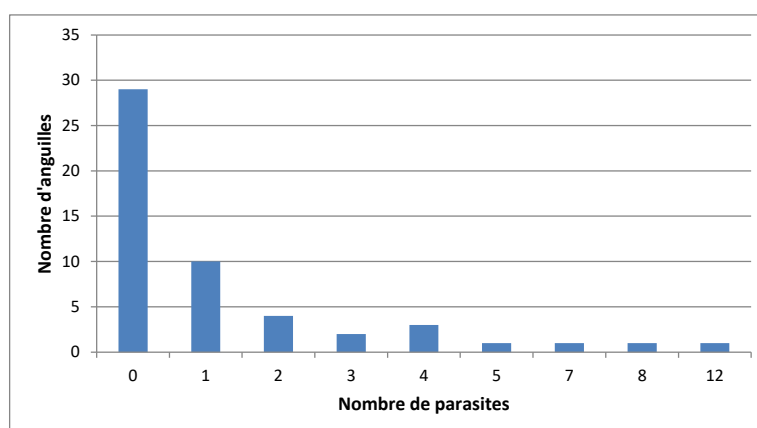


Figure 245 : Analyse du nombre de parasites présents dans la vessie natatoire des individus conservés (n=52) lors du suivi à 3 ans (FISH-PASS)

92 % des individus conservés lors du suivi à 3 ans présentent des traces de parasitisme ou sont actuellement parasités.

7.4 Discussion

Les pêches électriques réalisées sur les zones de déversement et à l'amont de celles-ci ont permis la capture de 551 anguilles dont 255 individus de taille comprise entre 160 et 310 mm, classe de taille supposée comprendre les individus issus de l'opération d'alevinage 2014. L'estimation de l'âge par les otolithes permet de confirmer ces suggestions.

La recapture de 7 individus marqués lors du suivi à 36 mois a permis d'estimer une croissance moyenne de 146 mm en 3 ans. Chez cette espèce, les taux de croissance varient fortement à l'échelle interindividuelle et populationnelle. La température (liée à la situation géographique, aux caractéristiques hydro-morphologiques et à la saison), la disponibilité alimentaire, le stress et la qualité du milieu interagissent fortement sur le développement de cette espèce. Bien qu'il ne soit pas possible de connaître, lors du déversement, les tailles exactes des anguilles étudiées, il semblerait que les taux de croissance des anguilles de l'Erdre soient proches de la moyenne (Adam 2008).

Ces mêmes individus marqués ont été recapturés à proximité ou sur des stations où les civelles marquées avaient été déversées. Il faut noter que ce milieu est de grande dimension, et qu'il laisse la possibilité aux anguilles déversées de coloniser l'amont. Par ailleurs, la possibilité d'un recrutement naturel en civelles pourrait provoquer un effet de dilution de la population déversée. La probabilité de recapture serait donc faible dans la mesure où il y aurait une forte dispersion des individus. Or, 20 % des anguilles de la cohorte recherchée sont marquées. Ce résultat suggère que :

- les civelles assurent leur première année de croissance dans les habitats proches de la zone de déversement,
- la dilution par le recrutement naturel non perceptible lors du suivi à 6 et 12 mois devient visible à 36 mois (20% de marquées seulement). Les individus qui colonisent l'Erdre naturellement arriveraient majoritairement sur la zone de suivi à l'âge de 24 ou 36 mois.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, les paramètres physico-chimiques étudiés ne permettent pas la détection d'anomalie. Le milieu présente une grande diversité d'habitats propices aux peuplements piscicoles. Pourtant, l'état sanitaire des anguilles est moyen car 75 % des anguilles capturées présentent des lésions externes et 44 % des individus conservés sont affectés par *Anguillicola crasus* (92 % présentent des traces de parasitisme) La forte présence d'hémorragies observées sur les anguilles suggère que finalement, la qualité du milieu pourrait être contraignante pour le développement de cette espèce.

8 Bilan des 3 années de suivi

Le suivi de cette opération d'alevinage sur 3 ans aura permis la recapture de 42 anguilles marquées : 15 lors du suivi à 6 mois, 20 lors du suivi à 12 mois et 7 lors du suivi à 3 ans.

Cette opération apporte des informations sur les éléments biologiques suivants :

- La croissance,
- La parasitologie interne,
- La pathologie externe,
- La survie à 3 ans (cet aspect n'est pas abordé dans ce rapport du fait de nombreuses inconnues sur l'utilisation des habitats et sur la dispersion des individus sur la période d'étude).

Elle apporte également des pistes sur :

- Le niveau de recrutement sur la zone d'étude,
- Le comportement des individus dans les premières années,
- Le milieu dans lequel les civelles ont été déversées.

Ainsi, l'étude des taux de croissance grâce aux techniques de marquage et d'otolithométrie apporte des résultats intéressants quant aux références de tailles correspondant à un âge recherché. Suite à l'alevinage, ce suivi permet d'attribuer des classes de taille jusqu'à 3 ans pour les anguilles assurant leur croissance dans l'Erdre (sur ce site d'étude). Ces tailles sont comprises entre :

- 77 et 117 mm à 6 mois, (CM 27 mm/6 mois)
- 102 et 146 mm à 12 mois, (CM 54 mm/an sur 12 mois)
- 178 et 248 mm à 36 mois. (CM 48.6 mm/an sur 36 mois)

L'étude de la vessie natatoire des individus conservés pour la recherche de marque apporte également des informations sur le parasitisme par *Anguillicola crassus* :

- 91 % d'individus parasités ou ayant été parasités (6 mois)
- 100 % d'individus parasités ou ayant été parasités (12 mois)
- 92 % d'individus parasités ou ayant été parasités (36 mois)

La pathogénicité d'*Anguillicola crassus*, vis-à-vis de l'anguille, se situe à plusieurs niveaux. Tout d'abord, le ver à l'état larvaire ou adulte, par le biais de son action mécanique, peut provoquer une dégénérescence de la vessie natatoire de l'anguille et réduire ainsi ses capacités natatoires qui sont primordiales pour sa migration de reproduction. De plus, les vers adultes se nourrissent du sang de leur hôte, absorbé à travers la paroi de la vessie natatoire. Cette consommation peut entraîner un affaiblissement général de l'état de santé de l'anguille (Lefebvre et al., 2002). Ce parasite est considéré comme un des facteurs responsables du déclin de l'anguille européenne.

Cependant, il est probable que l'impact délétère de ce parasite sur l'anguille augmente quand l'immunité de celle-ci est affaiblie par les nombreux polluants auxquels elle est exposée en mer et en rivière.

Concernant les pathologies externes relevées sur l'ensemble de la population à chaque échantillonnage, les résultats sont les suivants :

- 43 % des individus présentent au moins une pathologie (6 mois)
- 72 % des individus présentent au moins une pathologie (12 mois)
- 75 % des individus présentent au moins une pathologie (36 mois)

Bien que les effets sur les anguilles, des différentes pathologies relevées ne soient pas forcément connus, il serait intéressant d'étudier à plus large échelle l'impact sur la survie (mortalité) car il semble que la prévalence soit importante et puisse avoir un impact significatif. Généralement la présence de pathologies externe est à relier avec la qualité du milieu et notamment la qualité de l'eau.

Le niveau de recrutement naturel au droit du secteur étudié paraît faible. Un faible recrutement représenté par des individus de 2 ans et plus peut être supposé.

Compte tenu des recaptures d'individus marqués sur la zone de déversement, il est probable que si les individus déversés sur la zone trouvent des conditions favorables (habitats, nourriture...), ceux-ci (ou au moins une fraction non négligeable) restent sur la zone au moins dans les premières années.

Le milieu de la zone d'étude offre ponctuellement des habitats favorables à la croissance des jeunes anguilles, mais ceux-ci ne sont pas répartis de manière homogène sur l'ensemble du tronçon et ne couvrent pas la majorité de la surface en eau, il serait intéressant de disposer de plus d'informations sur les sites de déversement lors de l'évaluation de ceux-ci afin d'optimiser réellement les chances de survie des individus.

Il est ainsi très difficile de statuer sur les apports de telles opérations (dans le cadre du soutien d'effectifs à but conservatoire) sur la base de l'étude d'un seul site avec un suivi limité aux trois premières années de vie continentale, mais les premiers résultats permettent néanmoins d'apporter et de consolider les connaissances sur les premières années du cycle biologique de l'espèce.

Seuls des suivis plus longs dans le temps (à l'échelle du cycle de vie de l'espèce) avec des moyens de suivis supplémentaires (un marquage de 100 % et des échantillonnages plus nombreux pourraient permettre d'approcher la production d'anguilles argentées à partir des individus transférés. Pour atteindre ce niveau de connaissance à plus long terme ce type de procédure devra sans doute prendre la forme de sites-pilotes avec des efforts supplémentaires à consentir pour répondre aux questions posées et dont les réponses sont essentielles à la gestion continentale de l'espèce.

9 Bibliographie

ADAM G., FEUNTEUN E., PROUZET P., RIGAUD C., 2008. L'anguille européenne, Indicateurs d'abondance et de colonisation, éditions Quae, 393 p.

ALCOBENDAS M., LECOMTE F., FRANCILLON-VIEILLOT H., CASTANET J., MEUNIER F. J., MAIRE P., 1992. Marquage vital en masse chez l'anguille (*Anguilla anguilla*) à l'aide d'une technique de balnéation rapide. In : Baglinière J.L. (ed.), Castanet J. (ed.), Conand François (ed.), Meunier F.J. (ed.) Tissus durs et âge individuel des vertébrés. Paris : ORSTOM ; INRA, 1992, p. 93-101. (Colloques et Séminaires). Colloque National, Bondy (FRA), 1991/03/4-6.

BEAULATON, L., & BRIAND, C. 2007. Effect of management measures on glass eel escapement. *ICES Journal of Marine Science*, 64(7): 1402-1413.

BEAULATON, L., et PENIL, C 2009. Protocoles spécifique anguille pour l'ONEMA (Evaluation sanitaire) 44p

BERG, S., & JORGENSEN, J. 1994. Stocking experiments with 0+ eel (*Anguilla anguilla*) in Danish streams: post-stocking movements, densities and mortality. In I. G. Cowx. Blackwell Scientific (Ed.), *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*: 314-325. Oxford.

BISGAARD, J., & 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.

BRIAND C, SAUVAGET B., BEAULATON L., GIRARD P., VERON V., FATIN D., 2008. Les tamis poussés sont responsables de blessures et de mortalités chez la civelle (*Anguilla anguilla*). 16p.

BRIAND, C., BARDONNET, A., & RIGAUD, C. 2008. Connaissances et recommandations scientifiques du Groupe anguille du Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Poissons Amphihalins (GIS GRISAM) pour la mise en œuvre française du règlement européen visant à restaurer le stock d'anguille, *GRISAM*: 57p.

DEKKER W., 2003a. Status of the European eel stock and fisheries. In: Aida K., Tsukamoto K. and Yamauchi K. (eds.), *Eel Biology*, Tokyo, Springer-Verlag, 237–254.

ELIE P., LECOMTE-FINIGER R., CANTRELLE I., CHARLON N., 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla*. *Vie Milieu*, 32, 149-157.

- Bibliographie -

GIRARD P. et ELIE P. 2007 : Manuel d'identification des principales lésions anatomo-morphologiques et des principaux parasites externes des anguilles (81 pages) - CEMAGREF / Association « Santé Poissons Sauvages ». Étude Cemagref n°110 - Groupement de Bordeaux

GRELLIER P., HUET J., DESAUNAY Y, 1991. Pigmentation stages of *Anguilla anguilla* (L.) glass eels from the estuaries of Loire and Vilaine. IFREMER RIDRV-91.14-RH/Nantes.

LAMBERT, P. 2008. Évaluation des effets possibles de différents niveaux de réduction des impacts sur le temps de restauration du stock d'anguille européenne, *Cemagref*: 15p.

LEFEBVRE F., CONTOURNET P., CRIVELLI A. J., 2002. The health state of the eel swimbladder as a measure of parasite pressure by *Anguillicola crassus*, *Parasitology*, 124, 457-463.

MOUNAIX B., 1992. Intercalibration et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.). Application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne, 146p.

- Annexe 1 : Localisation et mesures physico-chimiques des points d'alevinage du 1er projet -

10 Annexe 1 : Localisation et mesures physico-chimiques des points d'alevinage du 1er projet

N° point déversement	Longitude (WGS 84)	Latitude (WGS 84)	Zone de déversement	Quantité déversée NM (Kg)	Quantité déversée M (Kg)	Habitat	Substrat	N° échantillon eau	O2 dissous (mg/l)	SAT O2 (%)	pH	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (NTU)	T° milieu récepteur (°c)	T° caisse (°c)
1	-1,497818000	47,375882000	Plaine de Mazerolles	6	3	ripisylve	argile	342	12,3	110	7,49	314	6,28	10,8	9,8
2	-1,497793000	47,372528000		6	3	ripisylve	argile	309	12,5	112	7,51	301	5,94	11,0	9,9
3	-1,500627000	47,371167000		6	3	ripisylve	argile	315	13,1	119	7,55	287	3,41	11,2	10,2
4	-1,502635000	47,368912000		6	3	ripisylve	argile	332	13,5	123	7,54	285	4,96	11,4	10,4
5	-1,504152000	47,366837000		6	3	ripisylve	argile	305	13,1	117	7,63	282	11,57	11,3	10,7
6	-1,503308000	47,364927000		6	3	hélophytes	gravier	302	13,8	127	7,64	278	3,99	11,7	10,8
7	-1,505537000	47,363470000		6	3	ripisylve	argile	322	14,3	132	7,71	280	4,51	11,9	10,4
8	-1,509595000	47,362048000		6	3	hélophytes	argile	344	14,1	129	7,65	280	6,56	11,5	10,4
9	-1,512618000	47,360537000		6	3	hélophytes	hydrophytes	336	13,7	127	7,62	277	27,85	12,0	10,5
10	-1,514012000	47,358457000		6	3	ripisylve	argile	349	13,7	125	7,55	279	10,77	11,5	10,5
11	-1,514600000	47,356157000		6	3	ripisylve	argile	375	13,5	124	7,54	283	24,50	11,7	10,3
12	-1,514250000	47,353687000		6	3	ripisylve	argile	325	12,3	112	7,62	282	10,08	11,7	10,3
13	-1,515203000	47,351328000		6	3	ripisylve	argile	394	13,3	122	7,46	281	15,39	11,7	10,3
14	-1,511068000	47,350233000		6	3	racines	argile	310	13,6	125	7,63	286	6,44	11,6	10,3
15	-1,510223000	47,353412000		6	3	ripisylve	argile	389	13,3	121	7,52	281	19,26	11,7	10,3
16	-1,507138000	47,353775000		6	3	racines	argile	370	13,5	124	7,32	277	17,12	11,7	10,3
17	-1,504693000	47,356748000		6	3	hélophytes	argile	374	13,8	127	7,58	292	6,48	11,8	10,6
18	-1,501528000	47,358352000		6	3	hélophytes	argile	326	12,0	116	7,44	293	27,68	11,8	10,3
19	-1,498860000	47,357962000		6	3	hélophytes	argile	361	13,3	122	7,52	295	20,89	11,6	10,2
20	-1,498145000	47,359248000		6	3	ripisylve	blocs	378	13,7	126	7,61	294	12,42	11,5	10,7
21	-1,497752000	47,361295000		6	3	ripisylve	blocs	345	10,5	96	7,2	240	3,95	11,0	10,3
22	-1,496588000	47,363143000		6	3	ripisylve	blocs	343	13,7	124	7,59	298	10,8	11,3	10,3
23	-1,494147000	47,363193000		6	3	hélophytes	argile	391	13,5	122	7,55	302	11,39	11,2	9,9
24	-1,491778000	47,364303000		6	3	hélophytes	argile	339	13,2	119	7,54	297	9,17	11,1	9,7
25	-1,489728000	47,366450000		6	3	hélophytes	argile	340	13,6	124	7,58	301	9,88	11,2	10,0
26	-1,490060000	47,369397000		6	3	racines	argile	320	12,7	116	7,49	269	3,86	11,4	9,7
27	-1,492605000	47,371120000		6	3	hélophytes	argile	348	13,5	123	7,52	298	2,57	11,3	9,9
28	-1,494165000	47,373728000		6	3	racines	vase	357	13,5	123	7,56	298	4,4	11,2	10,1
29	-1,496255000	47,374642000		6	3	racines	argile	335	12,7	115	7,64	297	6,88	11,0	10,1
30	-1,497283000	47,377372000		6	3	hélophytes	argile	317	12,9	117	7,49	322	5,98	11,0	10,1
31	-1,497813000	47,379920000		6	3	hélophytes	argile	341	12,7	116	7,46	322	14,18	11,5	10,2
32	-1,497285000	47,382865000		6	3	hélophytes	argile	352	13,1	119	7,51	324	14,73	11,1	9,9
33	-1,495895000	47,385645000		6	3,52	hélophytes	argile	312	13,1	119	7,5	322	12,55	11,1	10,2
34	-1,495155000	47,387920000		6	3	hélophytes	argile	354	12,9	117	7,5	327	17,55	11,0	9,8
35	-1,497293000	47,389910000		9	0	hélophytes	argile	346	12,6	115	7,47	312	9,52	11,3	10,1
36	-1,497737000	47,385773000		9	0	hélophytes	argile	372	12,2	111	7,43	318	14,26	11,0	10,1
37	-1,498442000	47,383082000		9	0	hélophytes	argile	381	12,7	115	7,5	314	5,3	11,3	10,3
38	-1,498767000	47,380478000		9	0	hélophytes	argile	313	11,5	104	7,38	305	6,36	11,2	10,5
39	-1,498047000	47,377115000		9	0	hélophytes	cailloux	334	12,9	116	7,59	326	9,97	10,8	9,8

11 Annexe 2 : Localisation et mesures physico-chimiques des points d'alevinage du second repeuplement

N° point déversement	Longitude (WGS 84)	Latitude (WGS 84)	Zone de déversement	Quantité déversée NM (Kg)	Quantité déversée M (Kg)	Habitat	Substrat	N° échantillon eau	O2 dissous (mg/l)	SAT O2 (%)	pH	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (NTU)	T° milieu récepteur (°c)	T° caisse (°c)
1	-1,497723000	47,375583000	Plaine de Mazerolles	9,0	5,5	ripisylve	vase	354	8,2	82	7,21	280	2,89	15,5	14,0
2	-1,497717000	47,374313000		9,0	5,5	ripisylve	vase	321	8,2	82	7,29	270	6,50	15,5	13,6
3	-1,497738000	47,372273000		9,0	5,5	litier	vase	311	9,3	93	7,28	280	8,44	15,7	14,0
4	-1,500310000	47,371463000		9,0	5,5	hydrophytes	vase	308	5,9	59	7,27	285	5,37	15,7	14,0
5	-1,502707000	47,368958000		9,0	5,5	encombre	vase	394	8,0	82	7,17	271	4,30	15,6	15,0
6	-1,504033000	47,366820000		9,0	5,5	ripisylve	vase	350	7,3	73	7,29	278	11,50	15,6	13,7
7	-1,503098000	47,364910000		9,0	5,5	hélophytes	vase	341	9,0	90	7,30	278	2,69	16,7	15,0
8	-1,505697000	47,363478000		9,0	5,5	racines	gravier	351	9,7	97	7,33	286	4,97	16,1	15,0
9	-1,509283000	47,362132000		13,7	0,0	berge_nue	gravier	338	9,8	99	7,30	285	5,19	16,1	14,2
10	-1,512317000	47,360322000		13,4	2,25	hélophytes	gravier	313	9,2	93	7,37	284	4,76	16,0	14,3
11	-1,513758000	47,358305000		11,0	5,5	ripisylve	gravier	353	7,7	78	7,39	286	12,11	15,9	13,3
12	-1,514770000	47,355700000		11,0	5,5	encombre	vase	331	7,5	76	7,48	291	3,31	16,2	14,1
13	-1,514298000	47,353808000		11,0	5,5	encombre	vase	312	8,6	88	7,49	285	17,20	16,2	14,4
14	-1,514972000	47,351233000		11,0	5,5	ripisylve	vase	304	8,9	91	7,40	286	13,87	16,1	13,8
15	-1,511065000	47,350065000		11,0	5,5	encombre	vase	372	8,9	90	7,46	285	3,89	16,2	13,6
16	-1,510277000	47,353487000		11,0	5,5	hélophytes	vase	390	8,1	87	7,42	285	8,79	16,1	13,6
17	-1,507362000	47,353753000		11,0	5,5	ripisylve	vase	369	8,3	83	7,67	290	5,43	16,4	14,1
18	-1,504487000	47,356812000		11,0	5,5	hélophytes	vase	368	8,8	88	7,53	283	5,95	16,3	14,1
19	-1,501530000	47,358297000		11,0	5,5	hélophytes	cailloux	329	8,5	87	7,38	283	4,33	16,7	14,8
20	-1,498170000	47,358157000		11,0	5,5	encombre	vase	314	6,5	67	7,48	286	3,09	16,1	14,6
21	-1,498490000	47,359448000		11,0	5,5	ripisylve	vase	366	8,5	87	7,4	283	2,36	16,5	14,4
22	-1,497698000	47,361897000		11,0	5,5	ripisylve	vase	382	8,1	82	7,37	268	3,5	15,9	13,7
23	-1,496378000	47,363152000		11,0	5,5	ripisylve	gravier	392	8,5	87	7,53	286	5,14	16,4	14,2
24	-1,494130000	47,363192000		11,0	5,5	encombre	vase	376	8,3	85	7,54	283	5,55	16,2	14,5
25	-1,491693000	47,364390000		11,0	5,5	ripisylve	vase	397	7,0	71	7,27	286	5,48	15,9	14,5
26	-1,489753000	47,366478000		11,0	5,5	ripisylve	vase	386	6,4	64	7,49	285	6,8	15,5	13,8
27	-1,489900000	47,369497000		11,0	5,5	encombre	vase	375	6,8	68	7,32	284	5,3	15,6	14,0
28	-1,492630000	47,371357000		16,5	0,0	encombre	vase	374	8,0	80	7,42	285	3,54	15,9	14,5
29	-1,494195000	47,373782000		16,5	0,0	hélophytes	vase	323	6,3	63	7,31	284	5,14	16,0	14,0
30	-1,498438000	47,377423000		11,0	5,5	berge_nue	gravier	300	10,6	108	7,3	291	3,74	16,5	14,3

12 Annexe 3 : Extrait du Guide Beaulaton et Pénil (2009)

4. Guide sanitaire

L'application de ce guide ne concerne que les 25 premières anguilles des 50 anguilles qui ont subi la mesure de l'indice oculaire.

L'objectif de l'auscultation des poissons est de leur attribuer un ou plusieurs codes pathologiques décrivant leur état.

Ce protocole est librement adapté du guide réalisé par Girard et Elie (2007) dans le cadre du programme Interreg III « Indicang ».

4.1. Grille de codification des pathologies et constitution du code

La grille de codification des pathologies est donnée Tableau 1, 2 et 3. Ce code se constitue de 2 lettres pour le



code lésion ou parasitisme (Tableau 1), d'une lettre pour la localisation (Tableau 2 et Figure 5) et d'un chiffre pour l'importance (Tableau 3), soit quatre caractères.

Code lésion et parasitisme ⁽¹⁾		
Absence de lésion ou de parasite		OO
Lésions anatomo-morphologiques	C_imp	Code
Absence d'organe ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	S	AO
Altération de la couleur	S	AC
Anus rouge ou saillant	S	US
Bulle de gaz	S	BG
Déformation difformité	D	AD
Hypersécrétion de mucus	S	SM
Exophtalmie	D	EX
Opacification oculaire	S	CO
Maigreur	D	AM
Erosion	S	ER
Hémorragie	S	HE
Ulcère (dont hémorragique) ⁽⁶⁾	N/S	UL
Nécrose	S	NE
Masses et grosseurs (dont kyste) ⁽⁶⁾	N/S	AG
Parasitisme externe	C_imp	Code
Point blanc	S	PB
Mycose (« mousse »)	S	PC
Crustacés ⁽⁷⁾	N/S	CR
Hirudinés	N	HH
Autres parasites que les 4 précédents ⁽⁷⁾	N/S	PX
Parasites (une des 5 catégories au-dessus) ⁽⁷⁾	N/S	PT

Tableau 1 : code lésion et parasitisme. Voir le texte pour les renvois.

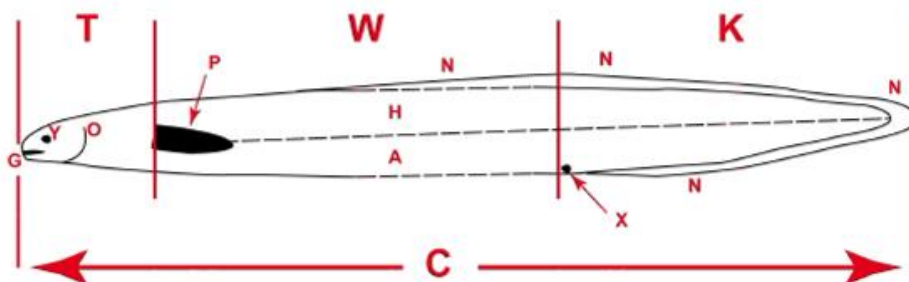


Figure 5 : schéma représentant les localisations (voir Tableau 2)



Code localisation anatomique ⁽²⁾	
Localisation	Code
Corps	C
Colonne vertébrale	V
Tête	T
Bouche	G
Œil	Y
Opercule / Branchies	O
Tronc	W
Abdomen	A
Dos	H
Nageoire pectorale	P
Nageoire principale	N
Péduncule caudal	K
Orifice anal	U

Tableau 2 : code localisation anatomique. Voir le texte pour les renvois.

Code importance (C_imp) ⁽³⁾	
Nombre (N)	Code
N= 0	0
N< 3	1
N= 4 à 6	2
N= 7 à 10	3
N >10	4
Surface atteinte (S)	Code
S = 0%	0
S < 5%	1
S = 5 à 10%	2
S = 10 à 20%	3
S > 20%	4
Degré d'altération (D)	Code
Nul	0
Faible	1
Moyen	2
Fort	3
Très fort	4

Tableau 3 : code importance. Voir le texte pour les renvois.

Toutes les anguilles qui ont subi le protocole guide sanitaire reçoivent au moins un code pathologique.

Ainsi, en l'absence de toute lésion ou parasite, le code pathologique attribué sera OOC0.

Le principe de la manipulation est de coder ce que l'on voit et de s'abstenir de faire du diagnostic. Le codage repose sur l'application de 9 principes ou conventions décrits ci après.

(1) Lorsque le poisson présente plusieurs types de lésions ou de parasites, ils doivent tous être codés sans hiérarchie. Ainsi, on codera les observations même les plus petites ou les plus simples. Il



n'y a pas de limite dans le nombre.

(2) Lorsqu'un type de lésion ou de parasite se manifeste par plusieurs lésions sur différentes parties du corps, la localisation codée sera celle du niveau supérieur (ex : G+Y=T)

(3) L'importance s'apprécie sur la base de la localisation codée (ex : N sur la tête). Pour faciliter l'opération, les méthodes de qualification de l'importance sont précisées dans la grille de codage au regard de chaque type de lésion ou de parasite.

(4) Convention de notation pour absence d'yeux (et pour cette lésion uniquement) : AOY2 il manque un œil, AOY4, il manque les deux yeux.

(5) Chaque type d'absence d'organe est codé individuellement (ex : AOY2 et AOP4 pour absence d'un œil et de tout ou partie des pectorales - plus de 20 %)

(6) Pour les lésions lorsque deux méthodes de codification de l'importance sont possibles, on codera la plus déclassante.

(7) Pour les parasites les plus gros, types hirudinés ou Argulus, la codification de l'importance utilisera le nombre (N).

(8) Pour les parasites les plus petits, types point blanc ou Paragnathia, la codification de l'importance utilisera la surface atteinte (S).

(9) Le code Tête (T) s'utilise depuis le bout du museau jusqu'à l'insertion de la nageoire pectorale. Le pédoncule caudal (K) s'utilise depuis l'extrémité terminale de l'anguille jusqu'à l'anus (anus compris). Entre les deux (T et K), on utilise le code tronc (W).

Des fiches pour la saisie des données sont proposées en annexe ainsi que la grille de codification. Le principe est de ne pas doubler, le fichier qui vous est proposé peut venir en complément de ce que vous utilisez déjà pour la saisie des résultats de la pêche. Pour que les résultats soient utilisables, il conviendra donc d'identifier les anguilles « auscultées » d'une manière commune sur les différents documents. Un enrichissement de l'application Wama permettra à terme la saisie simultanée des informations.

4.2. Constitution des fiches de description des lésions et parasite

Tous les types de lésions et de parasites sont décrits, accompagnés de photo dans des fiches regroupées en annexe.

Après l'intitulé de la pathologie, on trouve une rapide définition et description suivie éventuellement de remarques.

Les causes principales qui permettent d'orienter le diagnostic sont là uniquement à titre d'informations puisque l'exercice consiste uniquement à coder les observations.

Les illustrations sont des indications mais ne recouvrent pour le moment que piètrement la réalité.