



FÉDÉRATION DES ALPES-MARITIMES POUR LA
PÊCHE ET LA PROTECTION DU MILIEU
AQUATIQUE

Expérimentations sur la dévalaison des Anguilles Argentées de la Cagne

En collaboration avec « Migrateur Rhône Méditerranée »



Région
PACA



Fédération des Alpes-Maritimes pour la pêche et la protection du milieu aquatique

682, Boulevard du Mercantour – Chemin de Saint Roman – Le Clos de la Manda – 06200 NICE

Tél. : 04 93 72 06 04

Courriel : peche06.contact@gmail.com - Site : www.peche-cote-azur.fr

Table des matières

1. CONTEXTE	3
2. OBJECTIFS.....	4
3. PROTOCOLE D'ETUDE	5
4. RESULTATS	11
4.1. Stations de détection : Profil du cours d'eau, alimentation électrique des sites pressentis et identification des perturbations	11
4.2. Installation des stations	11
4.3. Stations de pêches	14
4.4. Analyse des données issues des pêches électriques	16
4.4.1. Rappel des données historiques 2013/2014/2015.....	16
4.4.2. Rappel des données de sondage 2017/2018 et comparatif avec 2019	16
4.4.3. Données 2019	18
4.4.4. Echantillonnages 2019 : Graphique taille-poids de l'échantillonnage complet	20
4.4.5. Echantillonnages 2019 : Classes de tailles de l'échantillonnage complet	21
4.4.6. Echantillonnages 2019 : Stades d'argenture	21
4.4.7. Echantillonnages 2019 : Taille, IOM, ILN et facteur de condition selon les stades	23
4.4.8. Echantillonnages 2019 : Relation Taille Poids des individus mesurés pour Durif	25
4.4.9. Capture Par Unité d'Effort (CPUE) et comparaison interannuelle	26
4.4.10. Stock d'individus « marqués »	27
4.4.11. Influence de la distance à la mer	28
4.5. Recapture en 2019 d'individus marqués en 2017/2018.....	29
5. Tracking mobile.....	29
6. Traits de vie de quelques individus.....	30
7. Entretien et maintenance des stations.....	30
8. Détections d'individus migrants et facteurs environnementaux	34
8.1. Détection des individus migrants.....	34
8.2. Données hydrologie 2019 et précipitations.....	35
9. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	38

1. CONTEXTE

Contrairement aux autres grands bassins hydrographiques, nous ne disposons pas en Rhône-Méditerranée de données historiques de pêche exploitables et les études sur la dévalaison des anguilles argentées sont rares.

Des analyses hydrologiques menées par l'ONEMA sur l'Aude montrent qu'il est peu probable que la dévalaison sur les fleuves côtiers méditerranéens s'opère dans les mêmes conditions que celles décrites dans de nombreuses études de recherche et développement sur les cours d'eau de la façade Atlantique.

La dévalaison est donc un enjeu majeur sur les fleuves côtiers méditerranéens.

Une fiche action dévalaison a été actée dans les besoins de connaissances du PLAGEPOMI 2016-2021 lors du Comité Technique des poissons migrateurs du 12 novembre 2015.

En 2015, un groupe d'experts sur la dévalaison (Pôle éco hydraulique de l'ONEMA, EDF R&D, MRM) et des partenaires locaux (ONEMA, FDAAPPMA 06) se sont réunis afin d'évaluer précisément la faisabilité et les modalités de mise en place d'une étude sur la dévalaison, avec les technologies couramment utilisées sur cette problématique (Télémétrie, suivi Pit Tag etc.) sur un côtier PACA et de préférence dans les Alpes-Maritimes (La Cagne et le Var sont pressentis). Ces échanges ont abouti à une proposition d'étude multi partenariale spécifique de la dévalaison de l'Anguille à l'horizon 2017.

Sur la Cagne, le projet pressenti repose sur un suivi par capture/marquage Pit Tag des anguilles et ne nécessite pas d'investigations préalables de terrain, les échantillonnages réalisés depuis 2013 lors de nos études de suivi de la montaison ont mis en évidence la présence avérée d'Anguilles argentées.

2. OBJECTIFS

Les réflexions et expérimentations entreprises dans cette action visent à connaître les conditions environnementales dans lesquelles se déroule la dévalaison de l'Anguille européenne sur les cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée et plus précisément, sur les cours d'eau de notre département. Pour cela, il est important de déterminer la faisabilité et la pertinence de mettre en place un suivi.

L'objectif de l'étude est de caractériser la migration de dévalaison des anguilles sur le bassin de la Cagne, conformément au PLAGEPOMI 2016-2021.

L'acquisition de connaissances plus précises sur le comportement de dévalaison en Méditerranée nécessite désormais de faire appel aux techniques plus sophistiquées et qui ont fait leurs preuves sur les autres bassins hydrographiques français (radiotélémétrie, télémétrie acoustique, suivi pit Tag...) (Campton et al., 2013).

La Fédération de pêche des Alpes-Maritimes a sollicité MRM pour lancer des suivis spécifiques suite à des captures récurrentes d'anguilles argentées sur la Cagne à l'occasion d'opérations de pêches électriques.

Par conséquent, les 8 et 9 juin 2015, l'Association MRM a organisé la rencontre des experts scientifiques (pôle écohydraulique de l'ONEMA, EDF, ONEMA DiR Montpellier et Aix en Provence) et des gestionnaires locaux (FDAAPPMA06, SD06 de l'ONEMA, MRM) pour évoquer la faisabilité de mettre en place une étude comportementale de la dévalaison des anguilles sur un côtier des Alpes-Maritimes.

La Cagne a été sélectionnée notamment en raison de la facilité d'échantillonnage et des données de pêche dont on dispose déjà.

Le projet pressenti repose sur un suivi par capture/marquage Pit Tag des anguilles et ne nécessite pas d'investigations préalables de terrain, les échantillonnages réalisés depuis 2013 avec la Fédération de pêche ayant montré la présence avérée d'anguilles argentées.

De plus, le cours d'eau encaissé dispose d'un lit mineur de largeur inférieure à 8 mètres, ce qui rend l'installation des antennes réceptrices au travers du cours d'eau envisageable (De Oliveira & Sagnes, comm.pers).

L'année 2017 a permis une phase d'expérimentation avec le marquage de 47 individus, comprenant 24 males, 13 femelles stade V et une femelle stade IV et 9 individus stade III. Les antennes RFID disposées en clôture de bassin ont permis de détecter 15 anguilles argentées lors de la crue de début décembre.

En 2018, l'effort de capture marquage sera renouvelé, une station comportant une antenne supplémentaire sera disposée 5 km en amont de la première. Du tracking mobile est également prévu pour éventuellement retrouver des individus marqués en 2017.

En 2019, un gros effort de marquage a été fourni avec 300 individus équipées d'un Pit Tag.

3. PROTOCOLE D'ETUDE

Technologie RFID

Dans le cadre du suivi de population de poissons, l'utilisation du marquage individuel est appliquée pour connaître leurs traits d'histoire de vie (croissance, âge de maturité, reproduction...) mais aussi leur dispersion dans le cours d'eau (pour leur alimentation ou leur reproduction).

La définition de la RFID (radio frequency identification - identification par radiofréquence), dans un sens général, est une technologie d'identification automatique qui utilise le rayonnement radiofréquence pour identifier des objets porteurs d'étiquettes lorsqu'ils passent à proximité d'un interrogateur (antenne, lecteur...). Elle permet l'identification individuelle d'objets sans contact direct.

Pour être identifiés par ces dispositifs, les poissons doivent être, au préalable, équipés d'une marque de type PIT Tag qui est composée d'une puce électronique et d'une antenne en cuivre insérée dans une capsule de verre. Cette marque utilise les basses fréquences, une centaine de kilohertz permettant la communication dans l'eau. Il existe plusieurs tailles de PIT Tag : 12 mm, 23 mm et 32 mm. Le principe de ces marques est basé sur une technologie dite « passive », sans source d'alimentation (sans pile). Le protocole normatif HDX (half duplex) consiste à envoyer un signal radio pour exciter le PIT Tag se trouvant dans le champ de l'antenne, puis de l'écouter pour récupérer son numéro d'identification unique.

Les limites connues des Tags en verre Half-Duplex, d'après la documentation sont les suivants :

- le système ne permet pas de lire deux Tags en même temps (pas d'anticollision) ;
- la distance de détection varie selon l'orientation du Tag par rapport au plan de l'antenne, l'optimum de détection se faisant avec le PIT Tag perpendiculaire au plan.

La lecture des PIT Tags nécessite des lecteurs générant un champ électromagnétique qui alimente le PIT Tag ce qui permet de récupérer l'identifiant de ce dernier. La détection de ces marques s'est longtemps faite uniquement à l'aide de lecteurs manuels qui nécessitent de capturer le poisson pour le scanner. Le déploiement de systèmes RFID permettant de détecter les poissons marqués directement dans leur milieu naturel est plus récent.

L'amélioration de cette technologie avec l'arrivée de nouvelles normes ainsi que sa démocratisation, permettent aujourd'hui d'équiper des cours d'eau plus conséquents et de répondre à certaines questions scientifiques sur la biologie, les déplacements des poissons migrateurs.

Installation des stations

Les antennes de détection doivent faire l'objet d'un branchement sur réseau domestique (220V) afin d'alimenter le lecteur/enregistreur RFID en basse-tension via un transfo AD/DC modulable 12-18V. Pour les relier à un réseau électrique, la première démarche consiste à contacter les propriétaires riverains des zones d'implantation des antennes pour avoir un accord de raccordement. Il est nécessaire également de repérer les autres réseaux électriques pouvant créer des interférences avec les antennes PIT Tag .

Un prestataire spécialisé a procédé à l'installation des antennes pendant l'été. Elles émettent un signal basse fréquence qui activera les transpondeurs des anguilles passant à proximité. Les marques renverront alors des informations relatives à la puce électronique qu'elles contiennent.

Chaque station enregistre donc le passage des anguilles détectées (date, heure, numéro de la marque de l'anguille) sur un logger relié aux antennes et disposé dans un boîtier étanche au bord du cours d'eau.

En 2017, 3 antennes ont été placées sur la station aval afin d'augmenter les chances de détection des anguilles et éventuellement déterminer le sens de passage.

En 2018, la station aval constituée des 2 antennes les plus efficaces en terme de détection ont été maintenues et consolidées ; la station amont, au Pont des Salles, est installée en 2018 avec 2 antennes.

En 2019, les 2 stations aval et amont sont maintenues et fonctionnelles au début de la période favorable à la migration catadrome : celle des Bugadières n'a pas résisté à la crue Q50 du 23/24 Novembre 2019.

Tracking mobile

Le principe de détection utilisé est le même que pour une station fixe : l'antenne permet de détecter le signal émis par l'émetteur du poisson, signal qui est transmis et enregistré dans le récepteur. Pour le radio tracking mobile, un opérateur parcourt l'ensemble du linéaire de rivière pour localiser les poissons.

En complément des antennes fixes, il est important de réaliser le suivi par radio-tracking ou radiopistage des poissons marqués afin de localiser les individus non détectés par les antennes fixes ou d'estimer leur déplacement depuis leur marquage. Ce tracking peut également permettre de retrouver des tags relargués dans la rivière. En 2018 et 2019, l'intégralité du tronçon de Cagne compris entre l'antenne aval des Bugadières et la station la plus amont de remise à l'eau d'individus marqués a été prospecté.

Echantillonnage et marquage d'individus

Les échantillonnages sont réalisés par pêche à l'électricité à pied, avec prospection d'un maximum d'habitats favorables à l'anguille par station, sous forme de sondages.

Plusieurs faciès sont pêchés, afin de repérer ceux qui abritent le plus d'anguilles argentées. On ne souhaite pas faire de l'estimation d'abondance (pas de prospections complètes) mais plutôt déterminer un nombre d'Anguilles argentées pour un temps donné de pêche.

La stratégie d'échantillonnage est adaptée sur le terrain en fonction des faciès sur lesquels on capture les Anguilles argentées.

Afin de maximiser la probabilité de capture d'anguilles argentées ou en cours d'argenture, les échantillonnages ont été réalisés en septembre ou début octobre, soit avant les premiers gros coups d'eau de l'automne (période la plus propice à la capture d'anguilles argentées selon les conclusions de nos précédentes études).

Le protocole nécessite au cours de l'échantillonnage 7 à 8 personnes :

- Un conducteur d'opération qui reste en rive pour la sécurité.
- Une personne en charge de l'anode ;
- Deux pêcheurs en aval de l'anode avec de grandes épuisettes ;
- Un autre pêcheur en aval de l'anode avec une grande épuisette et une petite épuisette carrée ou ronde.

- La petite épuisette mobile permettra de retirer de l'eau d'autres espèces de poissons notamment les salmonidés afin d'éviter de les soumettre trop longtemps au choc électrique. La personne en charge de cette épuisette pourra aller chercher les anguilles dans l'influence du champ électrique et déplacer des blocs avec l'épuisette pour aider les anguilles à se dégager du substrat.
- Deux porteurs de seaux chargé de recueillir les anguilles et qui effectuent les transferts de seaux en berge;

La Biométrie :

- Temps effectif de pêche : à chronométrer ;
- Nombre et taille des anguilles argentées ou en cours d'argenture : Les individus sont endormis (solution d'eugénol dilué) mesurés et pesés;
- Degré d'argenture selon Durif, 2009 (mesure diamètre oculaire vertical et horizontal, longueur pelviennes et coloration) ;
- Etat sanitaire et pathologies

Toutes les anguilles capturées ont été mesurées, pesées et ont fait l'objet de détermination du degré d'argenture selon la Méthode Duriff (taille des yeux, nageoire pectorale, taille, poids) et d'un bilan sanitaire externe. Les paramètres suivants ont ensuite été mesurés : masse corporelle (P exprimé en grammes), longueur totale du corps (Lt exprimée en millimètres), longueur de la nageoire pectorale (Ln en millimètres), diamètres horizontal (Dh) et vertical (Dv) de l'œil (en millimètres). Les mesures sont schématisées sur la Figure 1 et des photos sont présentées au paragraphe 4.2.1. Ces mesures (Ln, Dh et Dv) sont effectuées au pied à coulisse, à une précision de 0,01 mm.

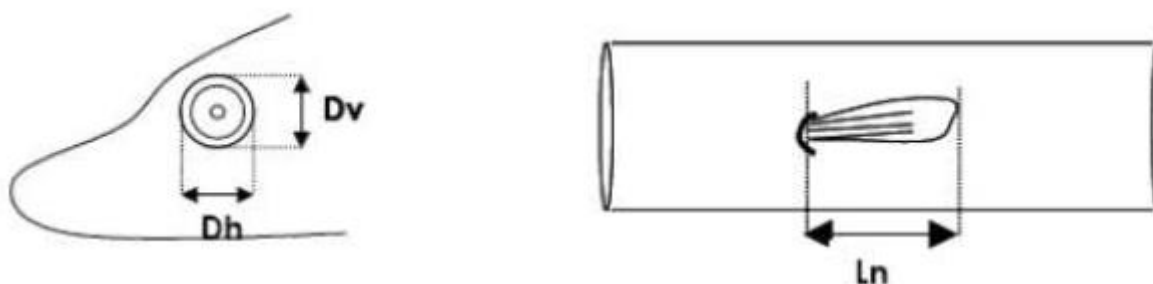


Figure 1: Mesures effectuées sur l'œil et sur la nageoire pectorale (Durif 2003)

Stade	Caractérisation	Modifications internes/externes
I	anguille jaune non différenciée	pas de différenciation morphologique
FII	anguille jaune femelle	
FIII	mâle / femelle prémigrante	premières modifications hormonales, légère augmentation du diamètre des yeux
FIV	femelle avec premières vellités de migration	sécrétion de gonadotrophine, arrêt de l'alimentation
FV	femelle migrante	diminution significative du tube digestif, augmentation du diamètre des yeux, augmentation des nageoires pectorales, changement de couleur de la peau...
MII	mâle migrant	

Figure 2: Caractérisation des stades d'argenture (Pankhurst, 1982 ; EELREP, 2005 ; Durif et al., 2009)

Le marquage :

Les opérations de marquage ont été effectuées injection intra-péritonéale d'un Pit Tag (23 mm) via une seringue ou une légère incision dans l'abdomen de l'anguille.

Suivi facteurs abiotiques

La dévalaison s'effectue généralement à l'automne et le début de migration est plus précoce dans les latitudes les plus grandes (Dixon, 2001 ; Haraldstad et al., 1985).

La plupart des observations effectuée lors des études précédemment décrites est unanime et montre que la dévalaison se déclenche lorsque le débit du cours d'eau augmente significativement (Durif et al., 2002 ; Behrmann-Godel & Eckmann, 2003).

Il est également possible que des conditions hydroclimatiques défavorables une fois la migration commencée engendrent une pause. Les individus peuvent reprendre leur mouvement migratoire l'année suivante (Simon et al., 2012 ; Pedersen et al., 2011 ; Behrmann-Godel & Eckmann, 2003 ; Vollestad et al., 1994 Winter et al., 2007).

La température de l'eau est également parfois citée comme paramètre déclencheur de la dévalaison. Il n'y a pas vraiment de valeur seuil, mais il semble qu'une chute de température soit nécessaire pour initier la migration de dévalaison (Haraldstad et al., 1985 ; Boubée et al., 2001). Une chute de 14 à 10°C a par exemple été constatée sur la Nive (Durif et al., 2002). Les anguilles partiraient à la recherche d'eaux plus chaudes pour poursuivre la maturation de leur gonade selon Boubée et al. (2001). Ceci pourrait expliquer la grande variabilité de températures pour lesquelles la migration a été déclenchée d'une étude à l'autre.

Le marquage des anguilles avec des marques externes (Floy tag) a permis de supposer que la photopériode et la température sont des facteurs prépondérants pour initier la dévalaison des individus (Haraldstad et al., 1985 ; Vollestad et al., 1994).

Ainsi, les données de température de la Cagne seront recueillies grâce à une sonde enregistreuse disposée par notre fédération au niveau du pont des Salles.

Un suivi du débit sera également effectué à partir des données enregistrées par différents organismes :

- la station hydrométrique du SMIAGE au niveau du Pont des Salles (Bien que cette station de mesure ne soit pas précise pour les hautes eaux, il sera possible de visualiser qualitativement les principaux coups d'eau).
- La station hydrométrique de la Métropole NCA au pont des Salles.
- la station hydrométrique de la commune de Cagnes sur Mer, de type radar en amont immédiat des antennes des Bugadières. La station est fonctionnelle depuis Avril 2018. Elle permet un suivi très fin de l'évolution des niveaux d'eau. Une courbe de tarage sera esquissée par quelques mesures de débits par notre FD.

Maintenance des stations

La Fédération de pêche a réalisé la maintenance en routine des stations de suivi et a été pour cela formé par le prestataire qui installe les antennes : il faut s'assurer du bon fonctionnement des systèmes de détection, du bon ancrage des antennes au fond du cours d'eau, de la bonne alimentation électrique, de la non dégradation par vandalisme ou suite aux crues automnales.

Traitement des données

Les données ont été traitées afin de mettre en avant :

- Evolution des populations des Anguilles sur la Cagne et notamment des argentées
- Comportement de dévalaison des anguilles argentées
- La confrontation des résultats de détection aux données hydrologiques disponibles (stations hydrométriques) permet d'identifier les périodes potentiellement optimales pour la dévalaison.
- La vitesse de dévalaison
- ...

SECTEUR D'ETUDE : « La Cagne »

L'étude « *Dévalaison de l'anguille européenne* » dans les Alpes Maritimes se déroule sur la Cagne, petit fleuve côtier de 25 km de long. Son régime hydraulique permet d'effectuer des inventaires piscicoles par pêches à l'électricité, sur toute sa longueur. Le linéaire d'étude est classé Liste 2 en titre du L214-17 du CE et comme Zone d'Action Prioritaire ZAP Anguille dans le PLAGEPOMI.

La Cagne a fait l'objet d'une étude sur l'« *évaluation de la franchissabilité des obstacles* » réalisé par MRM en 2010 et d'études des « fronts de colonisation » en 2013 et 2014. Ces études ont montré la présence récurrente d'anguilles argentées.

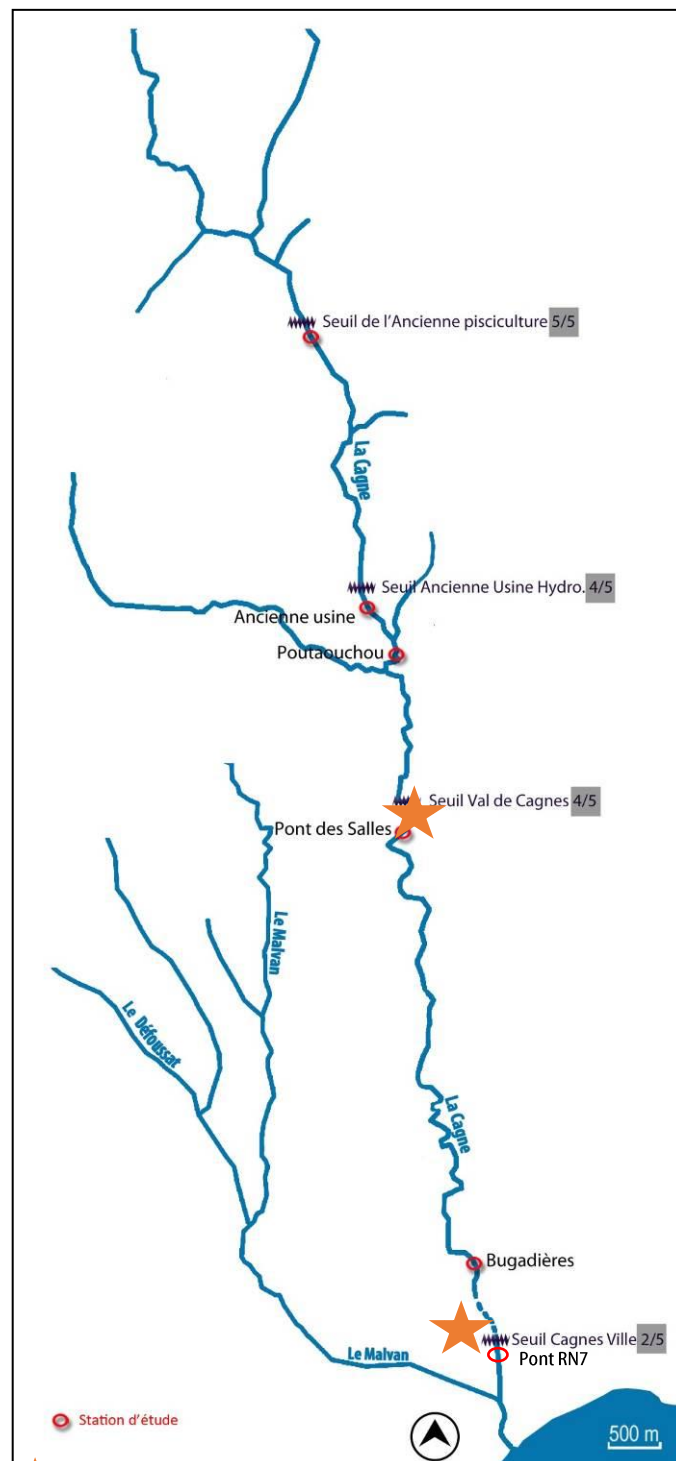
Les stations de pêches seront positionnées en amont des antennes et en aval immédiat des principaux obstacles à l'écoulement. Plusieurs stations sont nécessaires à la réalisation cette étude.

- Une station à l'aval du seuil de Val de Cagnes
- Une station au niveau du pont du Potaoutchou
- Une station sous le seuil de l'ancienne pisciculture

Les pêches réalisées sur ces 3 stations en 2014 avaient permis de trouver plus d'une cinquantaine d'anguilles argentées. Il est prévu d'augmenter le linéaire de pêche sur ces stations pour avoir idéalement un échantillon robuste de 50 à 100 individus pour le suivi.

La période favorable à la réalisation des pêches d'Anguilles Argentées est fin août à septembre. Des étiages trop sévères sont à éviter, notamment dans des substrats rocheux, car les individus sont difficilement délogeables (GERMIS, 2009).

Les antennes PiT Tag sont déployées en partie basse du bassin, au pont des salles et aux Bugadières, à l'amont de la confluence du Malvan.



★ Antenne PiT Tag

4. RESULTATS

4.1. Stations de détection : Profil du cours d'eau, alimentation électrique des sites pressentis et identification des perturbations

STATION DES BUGADIERES :

La station en place depuis 2017 est maintenue en 2018. L'antenne 3 est cependant retirée. En effet, celle-ci n'avait pas détecté d'individus supplémentaires par rapport aux 2 autres antennes situées en amont immédiat. Elle était également fortement sollicitée lors des crues.

Rappel de la configuration des antennes :

En aval immédiat de la passerelle, sur une zone un peu plus dissimulée par la végétation et donc potentiellement moins soumise au vandalisme, le profil en travers du cours d'eau est uniforme avec une faible lame d'eau à l'étiage et une succession de faciès tête de radier/plat lentique.

Configurations de l'antenne	Hauteur de réception du signal		Largeur CE	Pf max
	Pit tag au dessus d'1 brin	pit tag au milieu		
50 cm	51 cm	70 cm	10,10 m	35 cm en RD
65-70 cm	67 cm	78 cm		

Pour le **site du Pont des Salles**, les tests de range, favorables en 2017, ont été confirmés en 2018. Le site a fait l'objet de l'installation de deux antennes, afin de déterminer une vitesse et sens de migration.

Configuration de l'antenne	Hauteur de réception du signal		Largeur CE	Pf max
	Pit tag au dessus d'1 brin	pit tag au milieu		
75-80 cm	63 cm	83 cm	7,3 m	36 cm

4.2. Installation des stations

L'installation des 3 antennes sur le site des Bugadières s'est faite dans la semaine du 24 au 28 Juillet.

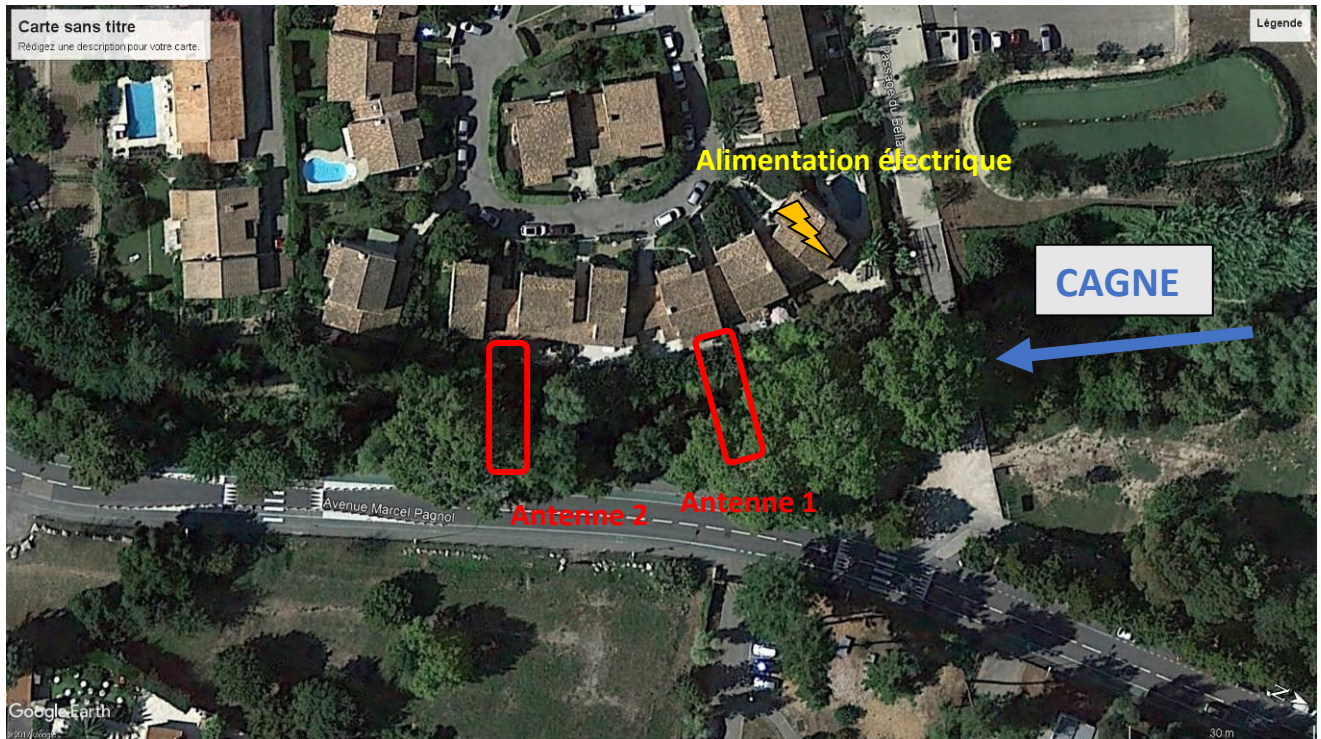
Présentation de la station Bugadières :

La station est localisée à 1.8 km de la mer, en aval de tous les points de pêche/marquage et en amont de la zone aménagée de la traversée urbaine de Cagnes-sur-mer.

Il s'agit d'un coffret STREAM INNOV. Les antennes mesurent entre 10 à 12 m de long et 1.2m de large.

Les mesures de range (hauteur de détection) après installation sont les suivantes :

Range final		
Antenne 1	Antenne 2	
75 cm	94 cm	



Présentation de la station Pont des Salles :

La station est localisée à ~ 7 km de la mer, en aval de tous les points de pêche/marquage de 2019 et en sortie de zone de gorges de la moyenne Cagne.

Il s'agit d'un coffret STREAM INNOV. Les antennes mesurent 10 m de long et 1m de large.

Ce coffret présente plusieurs avantages par rapport au coffret OREGON :

- 1 seul coffret peut gérer 2 lecteurs simplex
- Pas de dérive sur les coffrets car l'horodatage se fait par satellite
- La récupération des données envoyées à distance par GSM est simplifiée : une interface permet de visualiser directement les nouvelles détections, les variations de consommation des antennes, de réaliser des requêtes. La mise en place de d'alertes automatiques sur des baisses de tension, échec d'envoi permet une intervention rapide...

Les mesures de range (hauteur de détection) après installation sont les suivantes :

Range final		
Antenne 1	Antenne 2	
75 cm	70 cm	



Les antennes peuvent être placées verticalement (pass-through) ou horizontalement (pass-over). Le placement à la verticale permet un meilleur range puisque l'orientation de la bobine du tag est la même que la boucle d'antenne.

Les antennes à plat (pass-over) placent la bobine du tag à 90 degrés par rapport au plan de la boucle de l'antenne. Dans cette orientation, les tag seront les mieux détectés au moment où ils passent au-dessus du fil, et il peut donc y avoir 2 détections par passage d'individu. La charge magnétique-et donc le range de détection- n'est pas aussi forte que dans une orientation verticale.

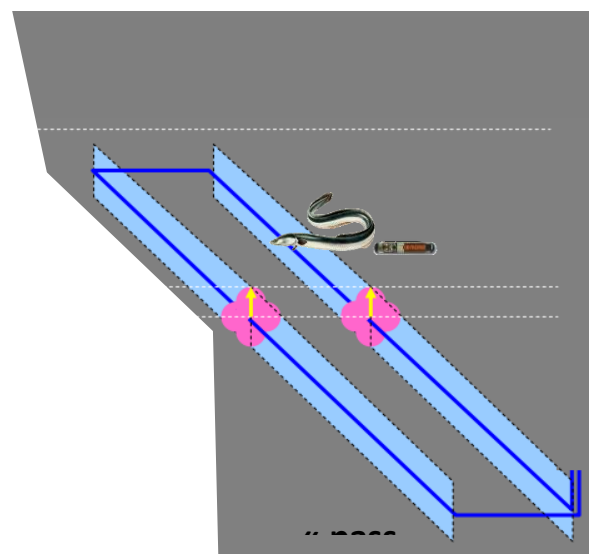
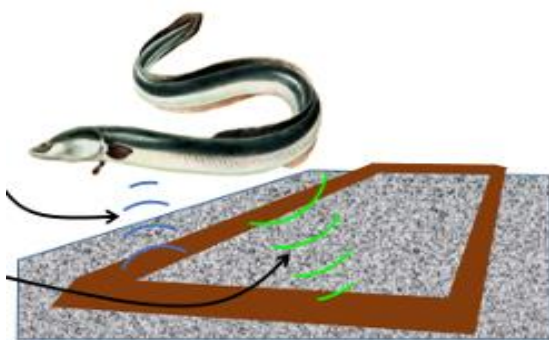


Figure 3: Principe d'antennes Pass over

Au vu du regime hydrologique de la Cagne caractérisé par des épisodes méditerranéens violents à l'automne, les antennes ont été disposées à plat, dans une configuration moins sensible aux crues.

Le dispositif RFID :

L'ensemble du dispositif est constitué de:

- trois antennes fabriquées à l'aide d'un fil de cuivre de type câble Hifi protégé par une gaine souple ITCA et posé sur le lit de la rivière perpendiculairement au sens du courant. Pour former une antenne, il suffit de faire au moins une boucle avec le fil électrique ou d'ajouter des spires (des tours) afin d'augmenter les caractéristiques du câble (inductance, résistance). Les antennes sont maintenues en place par des blocs et/ou des dalles bétons préfabriquées pour éviter d'être emportés par le courant ;
- trois marques témoins (appelées « test-tags ») placées sur les antennes et programmées pour être détecter à intervalle de temps réguliers permettant de connaître les périodes durant lesquelles le système n'a pas fonctionné ;
- trois tuners (1 par antenne) placés en berge sur des piquets permettant de régler le champ magnétique des antennes : La carte électronique est composée principalement d'un parc de condensateurs et d'une ferrite (bobine avec un noyau amovible). La carte standard a pour limite une inductance allant de 8 à 80 μH (microHenry).;
- un lecteur-enregistreur simplex par antenne situé hors d'eau et sécurisés dans des caisses étanches verrouillées ;
- un coffret électrique relié au réseau muni d'un transformateur permettant de fournir une tension de 18V et une intensité de 4A ainsi que des protections nécessaires (différentiel coupe-circuit) en amont et en aval du transformateur.

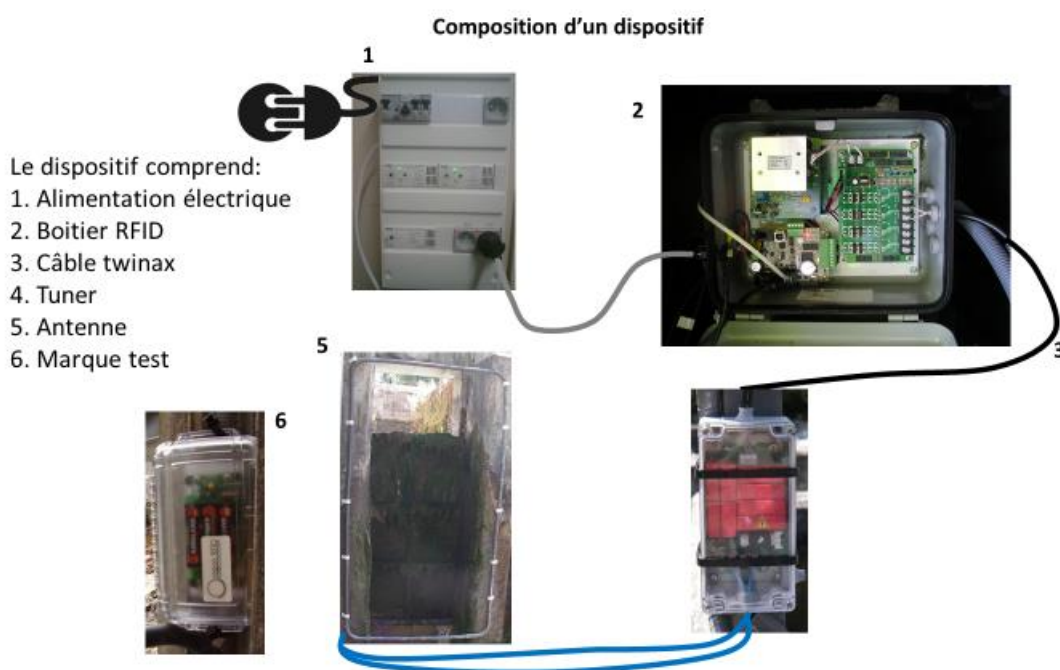


Figure 4: Dispositif RFID

4.3. Stations de pêches

Les pêches électriques ont été réalisées entre le 3 et 5 Septembre 2019.

Les faibles densités d'anguilles argentées observées cette année sur les stations de pêche historiques des études 'front de colonisations' des années précédentes nous ont amené à étendre les linéaires de pêches.

Le linéaire prospecté sur les 3 jours de pêche est détaillé ci-dessous : **linéaire cumulé = 2302m**
A ces pêches de Septembre devaient se rajouter les résultats d'une pêche de réseau de l'AFB localisée en amont immédiat des antennes Bugadières et réalisée en Octobre : l'opération de pêche a été annulée.

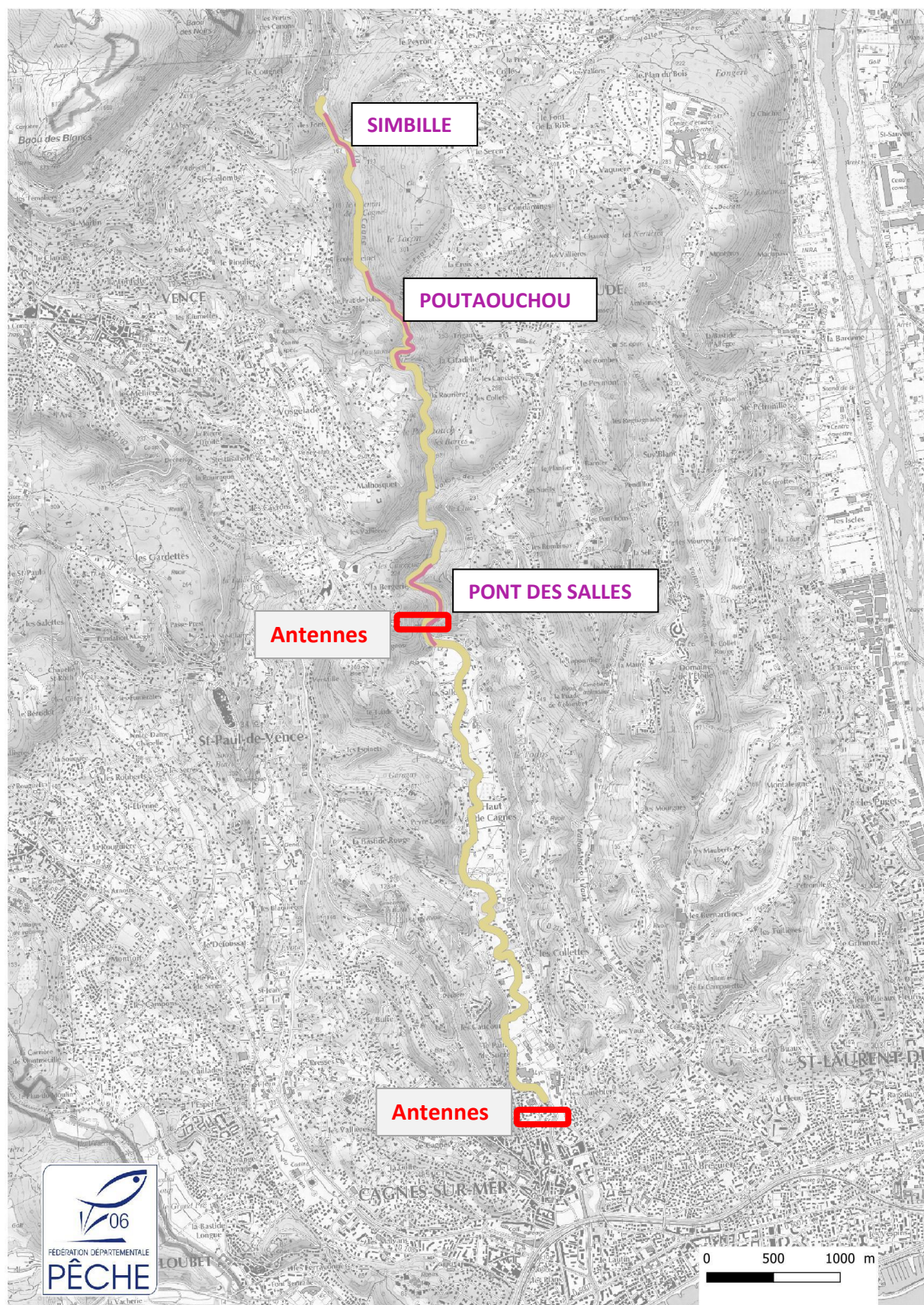
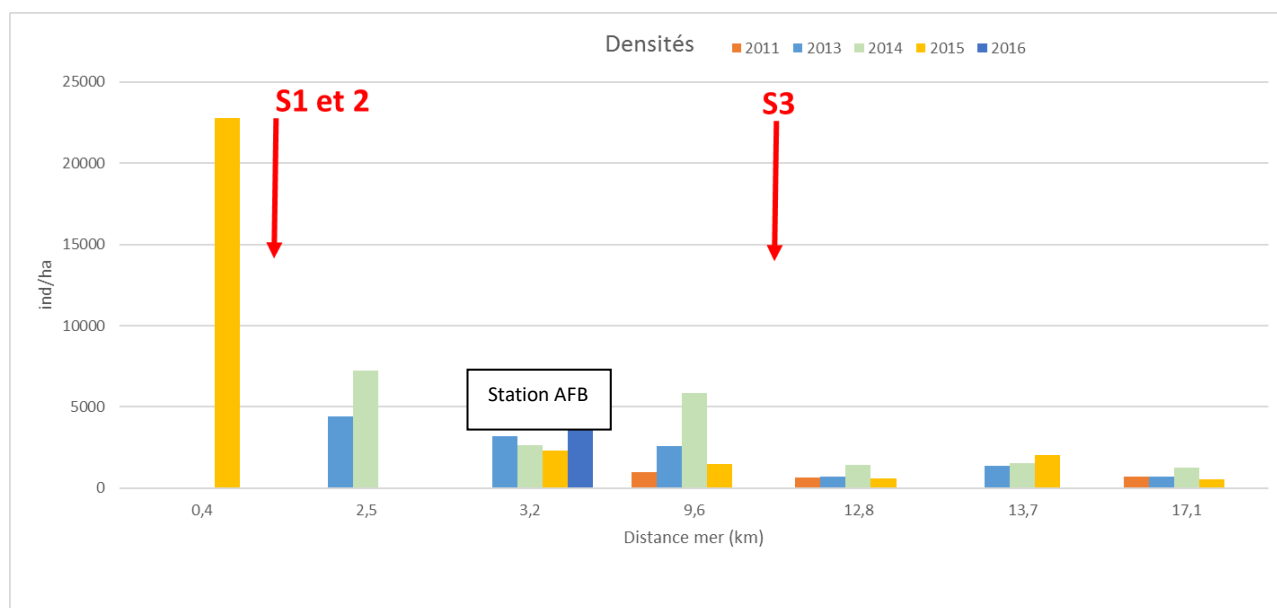


Figure 5: Linéaire prospecté en 2019 par sondage (trait violet) et tracking mobile(trait doré) et localisation des antennes

4.4. Analyse des données issues des pêches électriques

4.4.1. Rappel des données historiques 2013/2014/2015

Le tableau suivant présente les densités, biomasses d'anguilles pêchées en 2013, 2014 et 2015 lors des études front de colonisation Cagne.



Les précédents résultats avaient confirmé la diminution des densités d'Anguilles selon le gradient naturel amont/aval caractéristique.

Les pêches de 2014 avaient permis de capturer un grand nombre d'anguilles argentées, notamment sur la station du Pont de Salles, à 9.6 km de la mer (46 anguilles argentées sur 261 pêchés, au stade MD males dévalant à 90%). La tendance observée en 2015 était une diminution globale des densités sur la majorité des stations, en lien vraisemblablement avec une période de pêche trop tardive : les anguilles avaient pris leurs postes hivernal et réduit leur activité avec la chute des températures ; Ainsi, les poissons occupent les caches plus profondes et ont un métabolisme plus lent, il est fort probable qu'ils répondent moins bien à l'électricité.

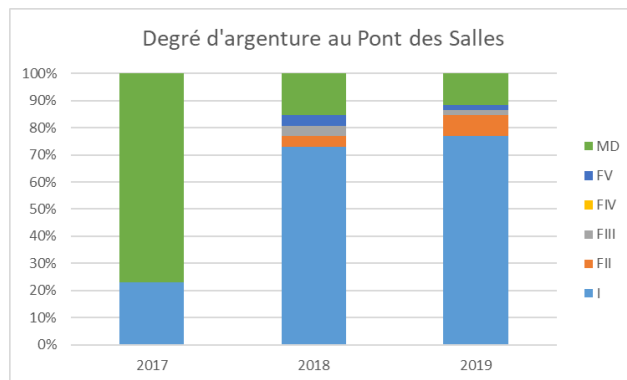
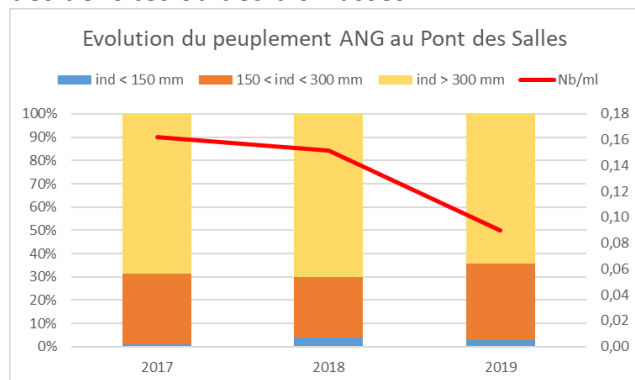
La densité d'Anguilles argentées en 2015 était elle aussi en forte diminution : cela avait été notamment expliqué par la période de pêche, postérieure à un épisode de crue favorable à la dévalaison des individus argentés. La plus grosse diminution d'effectifs était notée sur la station Pont des Salles : cela pourrait correspondre au départ des individus MD.

Les seules données de densités sont celles de l'AFB sur la station Bugadières à 3.2 km de la mer, de 2016 à 2018 : les densités en hausse successives sur 2016 et 2017 sont en forte baisse en 2018. La pêche AFB 2019 n'a pas été réalisée.

4.4.2. Rappel des données de sondage 2017/2018 et comparatif avec 2019

L'évolution du peuplement sur les 3 stations de pêche sur les 3 années 2017 à 2019 peut être caractérisé à partir des pêches de sondage réalisées pour la constitution du lot d'anguilles à marquer.

Sur ces 3 années, la majorité des individus ont été mesurés. Il est cependant impossible de calculer des densités ou des biomasses.

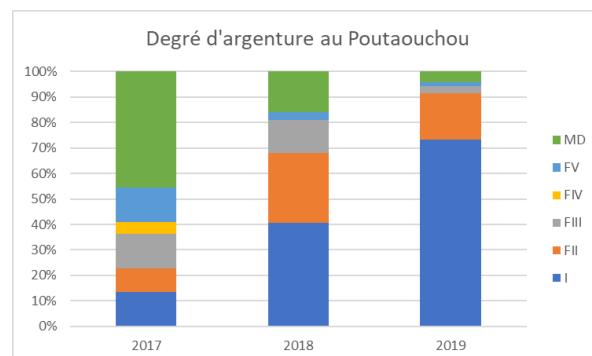
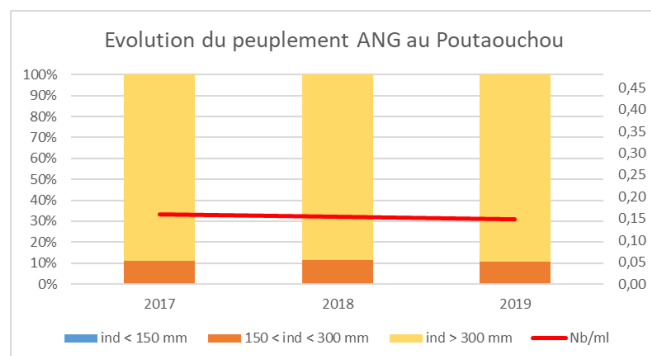


Au Pont des Salles, les individus migrants <150 mm étaient quasiment absent (1 ind) en 2017 en lien avec l'hydrologie particulièrement sèche de l'année. L'année suivante 2018 est plus favorable avec des débits importants et une forte attractivité de la Cagne : cela s'observe avec la classe de taille <150 mm représentant 30% de la population échantillonnée. L'année 2019 suit la même logique.

La proportion des autres classes de tailles ne varie quasiment pas.

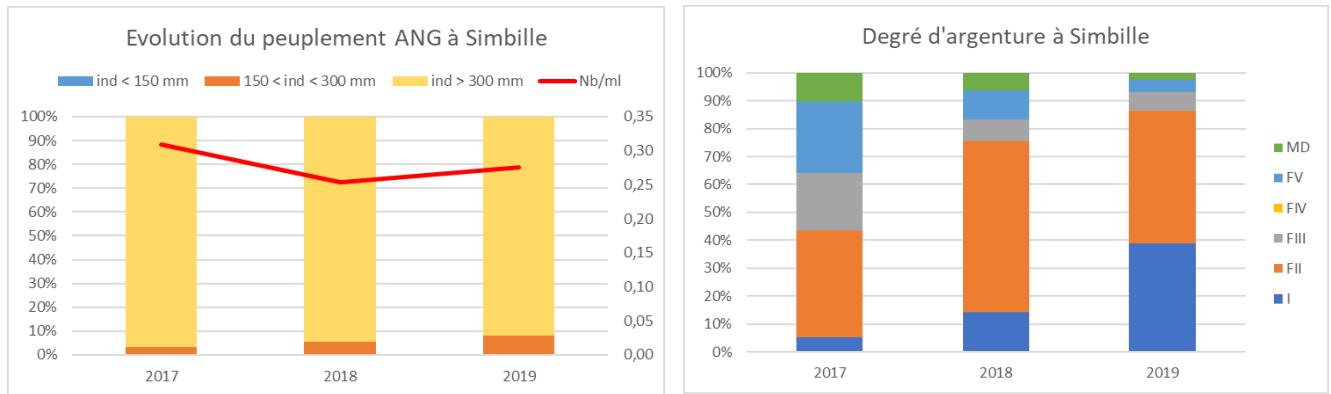
L'effort de pêche en nombre d'individus pêchés par mètre linéaires prospecté est en baisse en 2019 : cette année, le linéaire prospecté a été considérablement augmenté par rapport aux années précédentes et a couvert le tronçon de rivière situé entre les antennes du Pont des Salles et la station prospectée en 2018. Ce tronçon était en assec en 2017.

Une grosse partie des MD présents sur la station en 2017 ont rejoint la mer à l'automne 2017. Depuis, le stock MD n'arrive pas à se reconstituer : le stade FI, qui caractérise des anguillettes jaunes non différenciées, est majoritaire. La taille moyenne des individus pêchés et mesurés est stable sur les 3 années (321,2 en 2017/322,1 318,8



La station du Poutacouchou est stable en terme de structures de tailles. L'effort de pêche ne varie quasiment pas.

Les stades d'argenture des individus pêchés évoluent continuellement : les MD dominant le peuplement en 2017 voient leur proportion réduire successivement chaque année au profit des stades I.



Sur la station Simbille la plus amont, la proportions d'individus de classes de taille 150-300 mm, correspondant à des anguille jaune non sexuellement différenciée d'au moins 2 étés potentiellement en migration anadrome, est en augmentation sur les 3 années. Sur les stades d'argenture des individus pêchés, on assiste à la diminution des individus argentés (MD et FV) au profit des individus de premiers stades d'argenture. Ces 2 observations pourrait s'expliquer par les travaux d'abaissement d'un seuil situé à l'aval de la station en Octobre 2018, favorisant la colonisation du secteur de Simbille par des individus en migration anadrome.

4.4.3. Données 2019

La principale information à ressortir des sondages 2019 est la constitution d'un échantillon très important d'individus marqués du stade FI ou stade MD ou FV.

Cependant, la population historiquement très dense au pont des Salles, mise en évidence lors des études front de colonisation, n'a toujours pas été retrouvée ou reconstituée...

Les densités et biomasses ne peuvent être calculées pour 2018 et 2019 puisque l'échantillonnage s'est fait par sondage et non pas inventaire classique à 2 passages. Enfin, la pêche par sondage mise en place en 2018 ciblait les individus argentés et donc de taille >300 mm même si les plus petits individus ont été capturés ou mesurés. En 2019, la pêche ciblait tous les individus >300 mm.

La forte diminution d'individus argentés-notamment sur la station aval seuil Pont des Salles- observée en 2017 s'expliquait par l'hydrologie particulièrement sèche de 2017 qui aurait entraîné un départ précoce des anguilles vers la mer, cumulé à une hydrologie automnale favorable au départ des males argentés depuis 2014.

Les détections de 2017 ont en effet montré une dévalaison massive des MD du Pont des Salles lors de la première crue automnale.

L'attractivité de l'hydrologie favorable de 2018 sur des individus colonisant la Cagne est déjà partiellement visible au regard des structures de tailles de stations Bugadières et Pont des Salles.

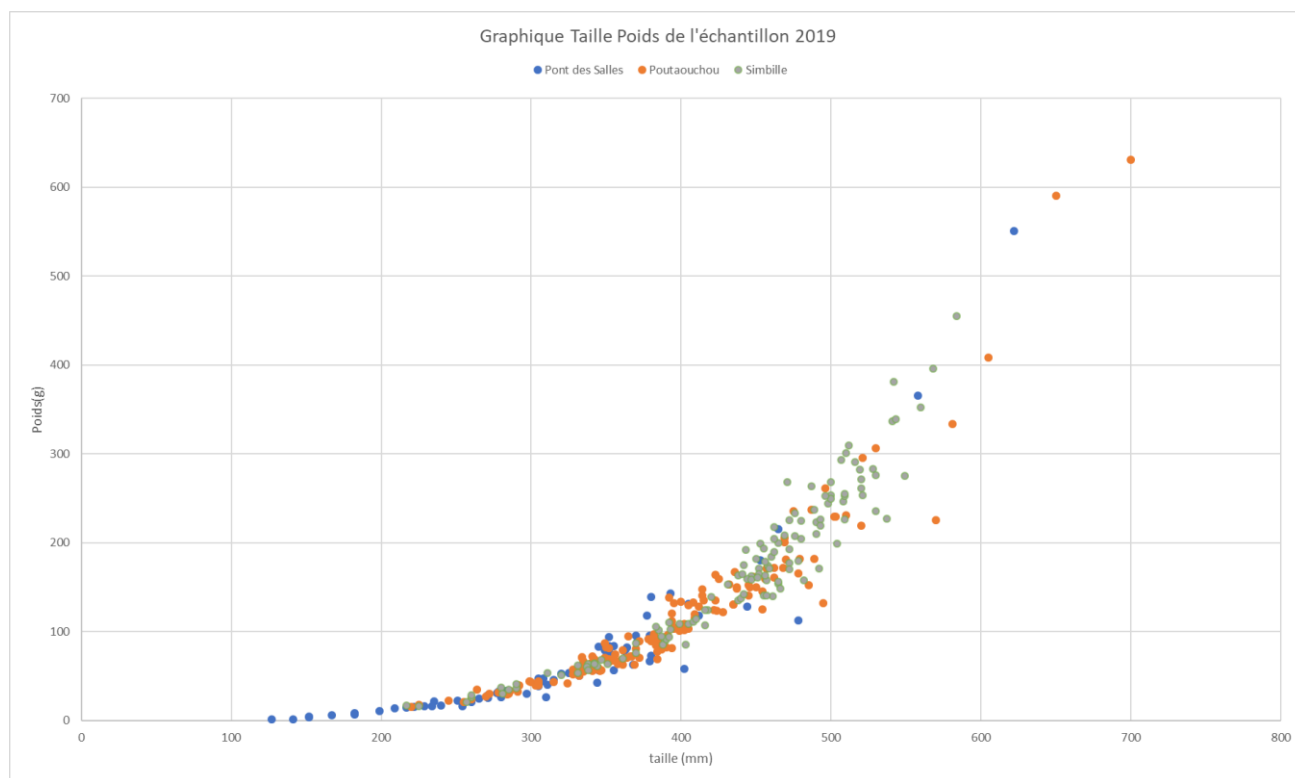
L'hydrologie de 2019

L'ensemble des analyses sur les degrés d'argentures ci-dessous se basent en bonne partie sur les calculs menés par Caroline Durif dans sa thèse de 2003.



Figure 6: Pêche à la station Poutaouchou

4.4.4. Échantillonnages 2019 : Graphique taille-poids de l'échantillon complet



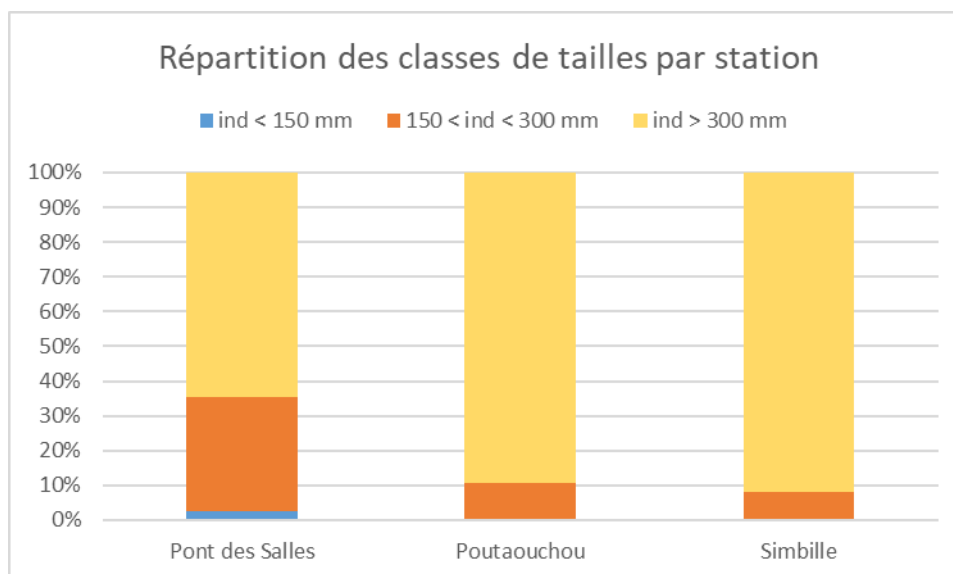
Les pêches 2019 ont permis de capturer 348 (343 en 2018 et 535 en 2017) anguilles réparties sur 3 sites de pêche.

La station « Bugadières » la plus proche de la mer (pêche complète AFB) n'a pas été réalisée cette année.

Peu d'individus dévient de la courbe de régression.

Le graphique retranscrit clairement la structure de population classique d'un fleuve côtier, avec un gradient habituel de petits individus sur les stations basses et gros individus dominants les stations les plus hautes. Cependant, les deux plus gros individus n'ont pas été pêchés dans la station la plus haute mais au Poutaouchou, avec des tailles de 700 et 650 mm.

4.4.5. Echantillonnages 2019 : Classes de tailles de l'échantillonnage complet



Sur la station Pont des Salles, la classe d'individus migrants < 150 mm est peu représentée malgré la faible distance à la mer, mais le protocole de pêche par sondage ne permet pas d'être exhaustif sur cette classe de taille. Deux individus de cette classe de taille représentant les civelles fraîchement recrutées ont été pêchés en 2019 : ces individus vont migrer afin de coloniser les secteurs amont du cours d'eau.

La structure de population sur cette station est similaire à 2018 et a légèrement évolué par rapport à 2017: la classe d'individus de moins d'un été a doublé en 2018 et 2019 par rapport 2017 : les situations hydrologiques opposées entre les 2 années (étiage sévère en 2017 et débit soutenu en 2018) expliquent cette évolution.

La station « Pont des Salles » est située à 7km de la mer et de part et d'autre d'un obstacle, avec une majorité d'individus sédentaires.

Sur les stations hautes, les individus sédentaires >300 mm sont ultra majoritaires.

Par rapport à 2017 et 2018, sur la station Poutaouchou, les proportions des individus selon les 2 classes de tailles ne varie pas.

La proportion varie cependant sur la station Simbille avec une augmentation des individus migrants de taille comprise entre 150 et 300 mm : un départ des individus argentés vers la mer associée à une recolonisation par des individus migrants facilitée par l'abaissement d'un seuil situé à l'aval de la station expliquent cette variation.

4.4.6. Echantillonnages 2019 : Stades d'argentine

Suite au calcul des stades d'argentures, seuls les individus sortant FIV et FV pour les femelles et MD pour les males sont retenus comme argentés dans les analyses ci-dessous.

Le stade FI est en réalité 'sexe indéterminé'. Le stade FIII correspond aux femelles en voie d'argentine et ne sont pas considérées comme migrantes.

312 anguilles ont fait l'objet de mesures de biométrie pour l'évaluation de leur stade d'argentine (173 en 2018 et 74 en 2017).

La Figure 7 fait ressortir la forte proportion de I - FI (sexe indifférencié), constituant à eux deux 89 % du stock (73% en 2018).

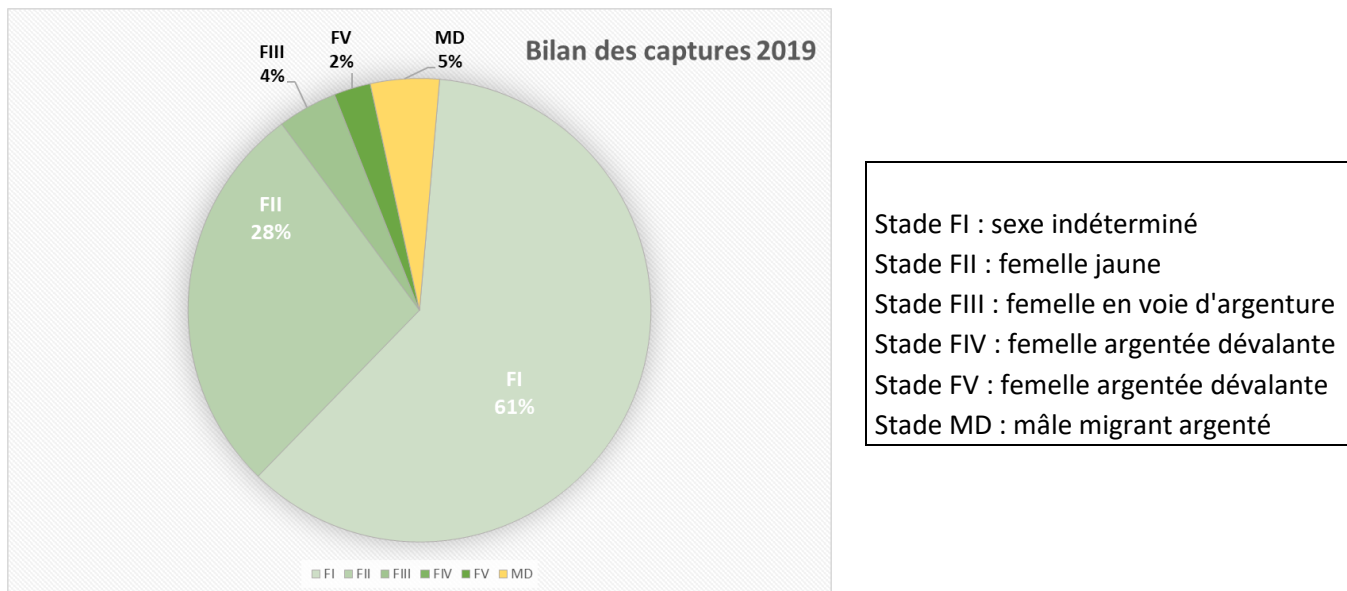
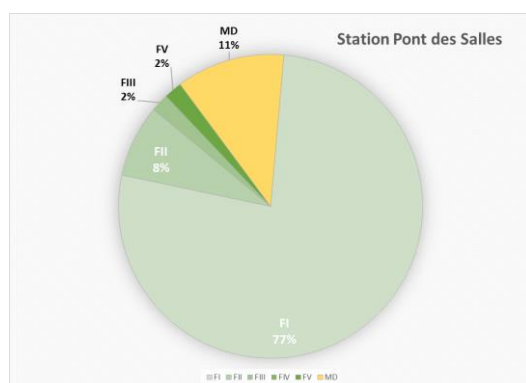


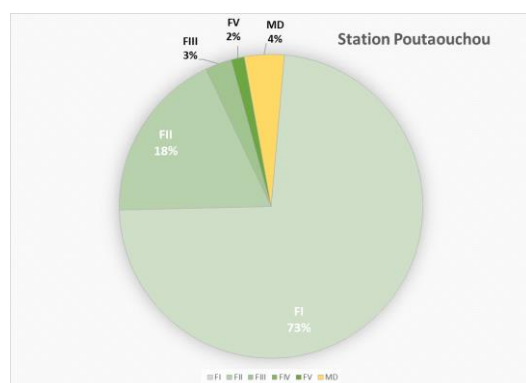
Figure 7: Degré d'argenture des 312 ANG mesurées pour Durif, toutes stations confondues

Le détail du degré d'argenture par station est détaillé ci-dessous.

On note la répartition longitudinale Aval-amont classique : plus de males sur les stations aval et plus de femelles sur la station haute.

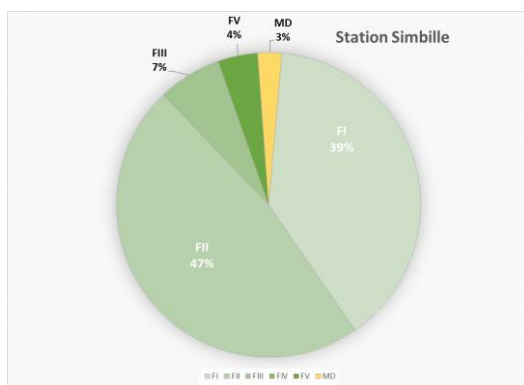


Sur la station du Pont des Salles, alors que les males représentaient 100% des individus ayant fait l'objet du protocole Durif en 2017, le peuplement 2018 était équilibré entre males/femelles : cela correspondait au départ massif des MD du Pont des Salles détectés par les antennes en automne 2017. En 2019, comme 2018, le peuplement est équilibré.



Au Poutaouchou, le peuplement était relativement équilibré entre males/femelles en 2017 ; en 2018, il était clairement dominé par les femelles, avec 73% du peuplement, conséquence de la dévalaison des males lors de l'automne 2017.

Cette année, le peuplement présente les mêmes caractéristiques, avec une large majorité de femelles.



La station Simbille, quant à elle, conserve sur les trois années, un peuplement largement dominé par les femelles. Si on considère uniquement les individus argentés FV et MD, la répartition male/femelle est équilibrée.

La démarcation entre les populations dominées par les males ou les femelles se fait entre les stations Pont des Salles et Poutaouchou.

4.4.7. Echantillonnages 2019 : Taille, IOM, ILN et facteur de condition selon les stades

2019	FI (190 ind)		FII (86 ind)		FIII (13 ind)		FV (8 ind)		MD (15 ind)	
	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type
L (mm)	362,77	45,31	478,69	28,25	549,62	39,64	562,13	74,53	403,67	47,51
IO	3,53	0,93	4,89	0,83	6,29	0,93	8,79	1,19	7,88	2,20
LN	14,88	2,92	22,04	2,37	28,10	3,04	30,76	4,42	20,39	3,66
K	0,16	0,02	0,18	0,03	0,20	0,03	0,21	0,02	0,20	0,04

Figure 8: Biométrie des ANG échantillonnées en 2019

Les valeurs moyennes des paramètres **IO (indice oculaire)** et **ILN (long. Pectorale)** augmentent logiquement en fonction de l'avancée dans le degré d'argenture des femelles. La variabilité de IO est la plus forte au stade MD.

La variabilité de LN est la plus faible au stade FII mais la plus forte au stade FV, conformément aux observations des années précédentes.

Selon Pankhurst, un IO (**indice oculaire**) de 6.5 correspondrait à des diamètres minimums des anguilles en migration. Chez les anguilles males, la limite établie d'après nos échantillonnages 2018 était similaire (6.2). En 2019, le diamètre minimum d'un MD est bien inférieure, à 3.02 et 3.78 sur deux individus du Poutaouchou : cela provient peut-être d'erreurs de mesures. Chez les femelles, la limite est bien supérieure (7.6). Il apparaît que cet valeur IO de Palkhurst n'est pas applicable sur la Cagne puisqu'il sous-estime les males argentés et sur-estime les femelles argentées.

Fontaine (1994) estime que, parmi une population d'anguilles jaunes, celles ayant un IO supérieur à 5.6 ont sans doute amorcé leur argenture et effectueront leur avalaison dans l'année. Cette limite correspond à nos observations.

Dufour et Marchelidon (1998) considèrent qu'une taille de plus de 50 cm, associée à un IO supérieur à 10, permet de caractériser une femelle argentée. Ces critères correspondent à un individu pêché à Simbille cette année : l'analyse Durif la classe en FV.

Durif (2003) fixe, quant à elle, à 8 le seuil au-dessus duquel une anguille est considérée comme argentée. Cette condition n'est remplie que par 14 individus sur l'échantillonnage 2019 : cette limite sous évalue largement le stock d'anguilles argentées et ne sera pas retenue sur le BV Cagne.

Le **facteur de condition** K [$K = (P \cdot 100) / L^3$] de Fulton est supposé représenter l'embonpoint de l'individu. Plus K est élevé, meilleure est la condition de l'anguille. Théoriquement, les femelles ont toujours un K plus élevé que les mâles : cela ne se vérifie pas sur nos échantillons avec des valeurs de 0.2 pour les femelles et les mâles.

La biométrie des ANG échantillonnées en 2017 et 2018 figure ci-dessous pour mémoire :

2017	FI (8 ind)		FII (17 ind)		FIII (11 ind)		FV (13 ind)		MD (24 ind)	
	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type
L (mm)	391	57,8	490	31,9	510	20,8	538	57	404	48
IO	4,6	0,4	5,2	0,7	8,2	3,5	8,5	0,9	9	2,1
LN	18,3	2,1	23,6	2,1	26,5	1,2	30,2	3,6	22,4	3,5
K	0,16	0,03	0,17	0,03	0,94	2,48	0,2	0,03	0,28	0,33

2018	FI (58 ind)		FII (68 ind)		FIII (16 ind)		FV (11 ind)		MD (20 ind)	
	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type
L (mm)	382	36,9	472	31,4	555	46,3	549	64,3	406,7	42,2
IO	4,6	0,8	5,3	1,6	6,4	0,6	8,4	1,1	8,6	2,7
LN	17,5	2,3	22,9	2,3	28,6	3,2	31	3,8	22,1	2,8
K	0,2	0	0,4	1,2	0,2	0	0,2	0	0,4	1,1

2019	FI (190 ind)		FII (86 ind)		FIII (13 ind)		FV (8 ind)		MD (15 ind)	
	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type	Moy	Ecart Type
L (mm)	362,77	45,31	478,69	28,25	549,62	39,64	562,13	74,53	403,67	47,51
IO	3,53	0,93	4,89	0,83	6,29	0,93	8,79	1,19	7,88	2,20
LN	14,88	2,92	22,04	2,37	28,10	3,04	30,76	4,42	20,39	3,66
K	0,16	0,02	0,18	0,03	0,20	0,03	0,21	0,02	0,20	0,04

Par rapport à 2017 et 2018, la biométrie de 2019 varie peu sur le paramètre L sauf au stade FI qui s'affine et diminue progressivement avec un nombre d'individus mesurés plus important. Cette observation est également valable pour l'indice IO à ce stade.

L'indice IO des MD en moyenne a fortement diminué en 2019 par rapport aux 2 premières années.

4.4.8. Echantillonnages 2019 : Relation Taille Poids des individus mesurés pour Durif

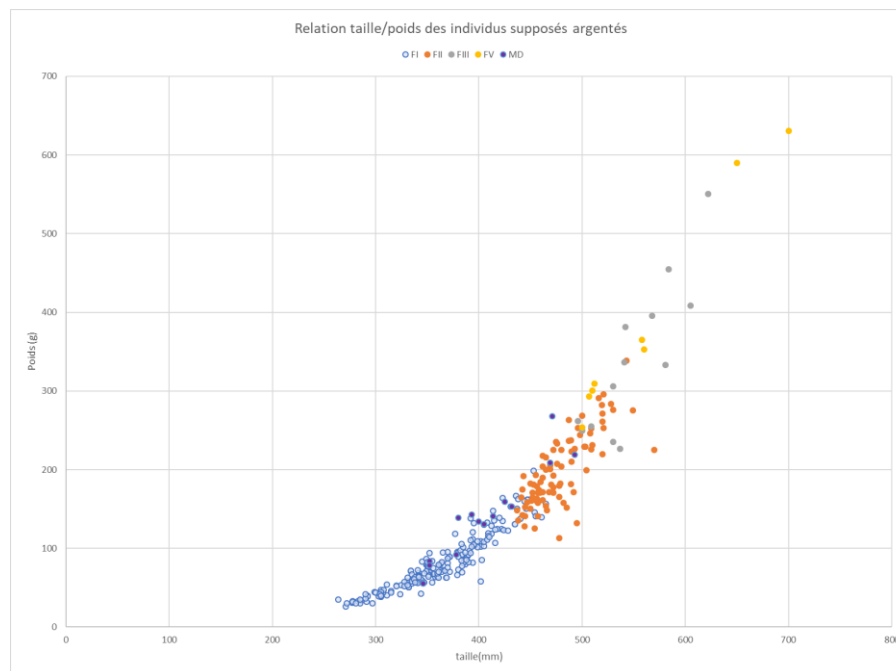


Figure 9: Graphique Taille/poids

Les individus FI (sexe indifférenciés) et MD se superposent sur le graphique ci-dessus : ils constituent les groupes de plus petite taille. Cependant, ils se différencient nettement lorsque le paramètre Diamètre oculaire est en jeu. Il s'agit donc du paramètre discriminant.

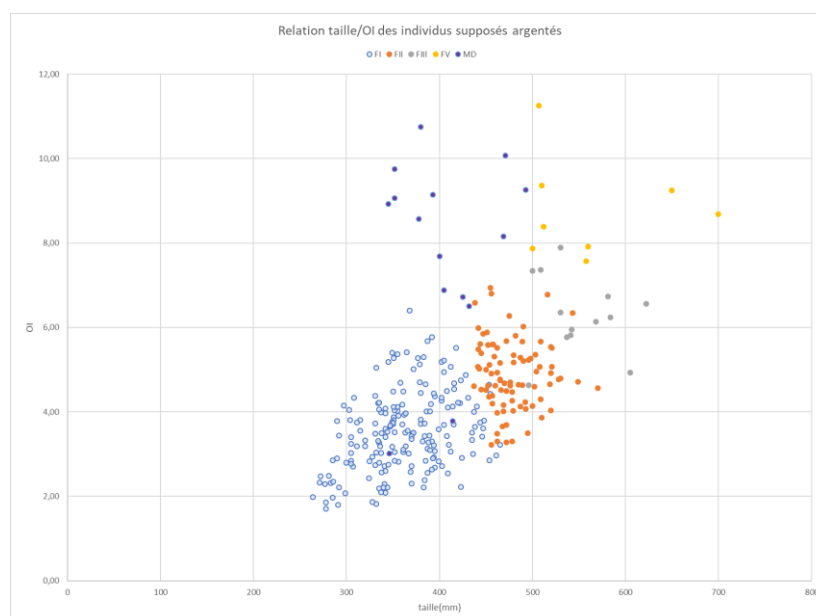


Figure 10: Graphique Taille/IOM

4.4.9. Capture Par Unité d'Effort (CPUE) et comparaison interannuelle

Le tableau ci-dessous permet de comparer l'effort de pêche réalisé pour capturer des individus argentés. A noter que le temps affiché est le temps de pêche effective et ne prend pas en compte le temps nécessaire d'accès à la station et de transport du matériel de pêche électrique.

Ces calculs de CPUE sont faits sur la base du nombre d'individus FIV, FV ou MD pêchés uniquement.

2014							
Station	Dist.mer (km)	Nb ARG	NB Total ANG	CPUE Capture/NB Total	Date	Temps Peche (min)	CPUE Capture/Min
Bugadières	1,8	3	192	0,02	09/10/2014	90	0,03
Pont Salles	7	46	261	0,18	07/10/2014	120	0,38
Poutaouchou	9,5	4	48	0,08	09/10/2014	75	0,05
Ancienne usine Hydro	10,9	1	170	0,01	09/10/2014	90	0,01
Ancienne pisciculture	14,1	0	32	0,00	09/10/2014	70	0,00
Somme ARG:		54					
2015							
Station	Dist.mer (km)	Nb ARG	NB Total ANG	CPUE Capture/NB Total	Date	Temps Peche (min)	CPUE Capture/Min
Pont RN7	0,4	6	557		16/10/2015	160	0,04
Pont Salles	7	7	64		19/10/2015	105	0,07
Poutaouchou	9,5	1	16		20/10/2015	80	0,01
Ancienne usine Hydro	10,9	0	37		20/10/2015	85	0,00
Ancienne pisciculture	14,1	0	13		19/10/2015	65	0,00
Somme ARG:		14					
2017							
Station	Dist.mer (km)	Nb ARG	NB Total ANG	CPUE Capture/NB Total	Date	Temps Peche (min)	CPUE Capture/Min
Pont Salles	7	10	115		05/09/2017	230	0,043
Poutaouchou	9,5	14	173		06/09/2017	340	0,041
Simbille	14,1	14	247		07/09/2017	325	0,043
Somme ARG:		38					
2018							
Station	Dist.mer (km)	Nb ARG	NB Total ANG	CPUE Capture/NB Total	Date	Temps Peche (min)	CPUE Capture/Min
Pont Salles	7	5	49		04/09/2018	115	0,043
Poutaouchou	9,5	13	149		05/09/2018	320	0,041
Simbille	14,1	13	145		06/09/2018	260	0,050
Somme ARG:		31					
2019							
Station	Dist.mer (km)	Nb ARG	NB Total ANG	CPUE Capture/NB Total	Date	Temps Peche (min)	CPUE Capture/Min
Pont Salles	7	7	75		03/09/2019	150	0,047
Poutaouchou	9,5	8	149		04/09/2019	210	0,038
Simbille	14,1	8	124		05/09/2019	205	0,039
Somme ARG:		23					

Figure 11: CPUE par station de pêche

En 2019, la CPUE pour des individus MD ou FV est légèrement inférieure à celle des années 2017 et 2018. Elle est cependant très faible par rapport aux CPUE de l'année 2014 pour la station Pont des Salles.

Sur 2019, si l'on rapporte le nombre d'individus argentés au linéaire prospecté, la station de Simbille est plus favorable à la capture d'individus argentés : 0.018 ind argentés/mètre linéaire par rapport à 0.008 pour les deux autres stations.

Si on ne comptabilise que les **individus marqués**, la CPUE est plus largement plus forte en 2019 sur l'ensemble des stations : cela s'explique par le changement de protocole s'orientant vers un marquage massif d'individus.

4.4.10. Stock d'individus « marqués »

Le marquage s'est fait par incision à l'aide d'un scalpel au niveau de la partie postérieure de l'intestin. Le Pit tag est désinfecté dans un bain de bétadine avant insertion dans le poisson. La plaie n'est pas suturée ni collée, sauf cas d'extrême nécessité.



Les Pit tag suivants ont été utilisés pour le marquage des individus :



23mm HDX+ PIT Tag The diameter is 3.65 mm and weighs 0.6g.

Sur la campagne Cagne 2019, ce sont finalement 300 individus qui ont été marqués (48 en 2018 et 47 en 2017). La répartition des stades et des tailles est la suivante :

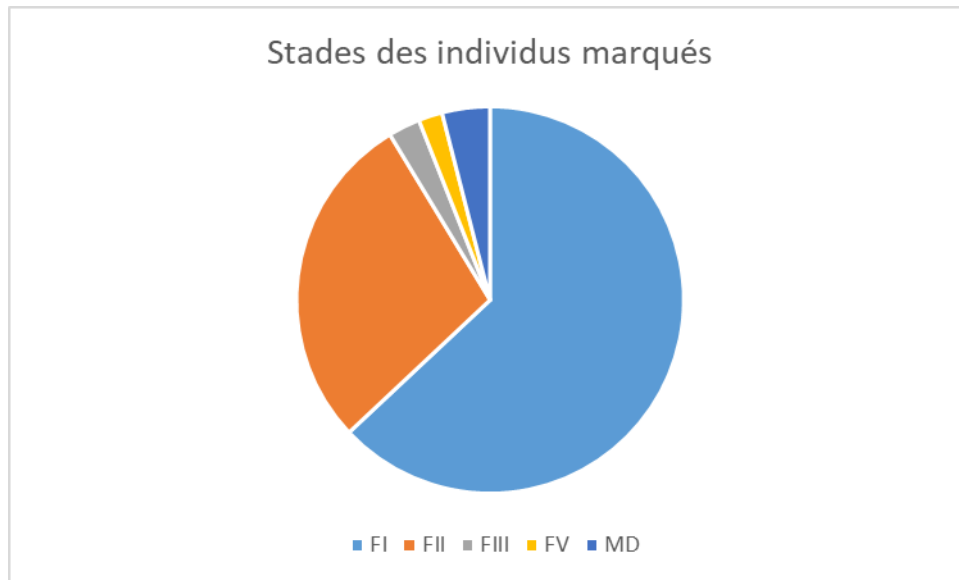


Figure 12: Stade des individus marqués par Pit tag

A noter que cette année le calcul du degré d'argenture a été réalisé à posteriori des opérations de terrain.

Tableau 1: localisation des individus marqués par rapport à leur stade

Station	Nb ind marqués	Proportion selon les stades				
		FI	FII	F III	FV	MD
Pont des Salles	49	82%	6%	2%	2%	8%
Poutaouchou	138	75%	19%	1%	1%	4%
Simbille	113	40%	50%	4%	3%	2%

Tous les individus ayant la capacité théorique à tolérer un pit tag de 23 mm et 0.6 g ont été marqués. Suite au retour d'expérience des années précédentes, il a été décidé cette année de maximiser le nombre d'individus marqués car l'ancien protocole minimisait considérablement le stock d'individus marquables. Le poids du transpondeur ne doit pas dépasser 2% du poids du poisson. Ainsi, avec les marqueurs utilisés présentant les caractéristiques présentées précédemment, il est possible théoriquement de marquer tous les individus de plus de 30g.

Les stades FI et FII sont les plus représentés dans ce lot d'individus marqués en 2019.

4.4.11. Influence de la distance à la mer

De nombreuses études font état d'une répartition différente selon la taille des anguilles et donc selon le sexe : les petites anguilles sont situées à l'aval et les grandes plus en amont des cours d'eau (Gandolfi Hornyold dans Bertin 1951 ; Elie 1979 ; Helfman et al. 1987, Oliveira 199).

Cela se confirme dans nos données :

Les stations de la basse Cagne semblent 'produire' plus de males alors que les stations plus éloignées de la mer constituent plutôt les spots à femelles. Cela est à mettre en relation avec les densités observées.

4.5. Recapture en 2019 d'individus marqués en 2017/2018

Plusieurs individus mesurés et marqués en 2017/2018 ont été repêchés cette année. Cela permet de donner des premières tendances sur le taux de croissance en rivière :

Station	Ind	Stade	L 2017	P 2017	L 2018	P 2018	L 2019	P 2019	Croissance/an	Poids/an
Poutaouchou	CA1808	FIII			568	288	581	333	13	45
	CA18013	MD			364	80	372	89	8	9
	CA18027	FV			635	590	650	590	15	0
	CA17012	FV	574	304			605	408	15,5	52
PontdesSalles	CA1801	MD			347	84	352	84	5	0
	CA1806	FV			477	170	478	113	1	-57
	CA1709	MD	345	78			345	56	0	-11
Simbille	CA1735	FIII	494	212			500	254	3	21
	CA1832	FIII			495	264	500	249	5	-15
	CA1836	FIII			579	384	584	455	5	71
	CA1843	MD			477	224	471	268	-6	44

Globalement, les individus recapturés ont augmenté en taille et poids mais aucun lien ne ressort entre taux de croissance et degré d'argenture.

Le MD du Pont des Salles CA1806 a quant à lui perdu beaucoup de poids, tolérant peut être mal la marque PIT Tag.

5. Tracking mobile

En Juillet 2019, quasiment 10 km de Cagne ont été prospectés par tracking mobile dans le but de retrouver et localiser les individus marqués en Septembre 2017/20018 et non détectés par les antennes. Un seul passage est réalisé au vu du peu de nombre d'individus marqués potentiellement encore présents dans la Cagne. On peut estimer à 30 % l'efficacité de détection sur un passage : les trous les plus profonds, voire de courts tronçons type canyons, n'ont pas pu être sondés.

Des équipes de 2 à 3 personnes remontant la Cagne depuis les antennes des Bugadières jusqu'en limite amont de la station de pêche de Simbille ont détecté les individus détaillés ci-dessous :

	lieu detec	lieu marquage	Sens, distance migration en metres	Stade (d'après feuille résultat)	ID	L	P
[CA17_027]	simbille	simbille	-350	FV	ANG293	593	446
[CA17_034]	simbille	simbille	+420	FV	ANG355	604	358
[CA17_035]	simbille	simbille	-80	FIII	ANG368	494	212
[CA18_019]	Poutaouchou	Poutaouchou	-165	MD	ANG136	370	82
[CA18_032]	simbille	simbille	+30	FIII	ANG241	495	264
[CA18_037]	simbille	simbille	+150	FIII	ANG258	570	360
[CA18_042]	simbille	simbille	+280	MD	ANG313	457	166
[CA18_036]	simbille	simbille	-295	FIII	ANG254	579	384
[CA18_043]	simbille	simbille	+310	MD	ANG317	477	224
[CA18_045]	simbille	simbille	+310	FV	ANG331	535	268
[CA18_007]	Poutaouchou	Poutaouchou	0	MD	ANG57	363	96
[CA18_028]	Poutaouchou	Poutaouchou	+15	MD	ANG184	376	95
[CA18_009]	Poutaouchou	Poutaouchou	+75	FIII	ANG66	690	552
[CA18_013]	Poutaouchou	Poutaouchou	+135	MD	ANG96	364	80
[CA18_018]	Poutaouchou	Poutaouchou	+200	MD	ANG131	385	96
[CA18_021]	Poutaouchou	Poutaouchou	+285	FIII	ANG155	523	236
[CA18_026]	Poutaouchou	Poutaouchou	+315	FIII	ANG177	585	348
[CA18_025]	Poutaouchou	Poutaouchou	+950	FIII	ANG168	570	304

Les individus détectés par tracking mobile l'ont été à proximité immédiate de leur zone de remise à l'eau après marquage : il n'y a pas eu de déplacement d'une station à l'autre.

La distance maximale de déplacement est de l'ordre du kilomètre : il s'agit d'une femelle FIII du Poutaouchou, en migration anadrome.

Pour les 3 individus stade FV de Simbille, il ne semble pas y avoir de tendance générale : elles se sont déplacées aussi bien vers l'amont que l'aval.

Cependant, 6 individus FIII sur 8 sont remontées vers l'amont, et particulièrement celles de la station du Poutaouchou sur une distance moyenne de 400m.

Pour les individus au stade MD, une majorité ont remonté la rivière sur une distance moyenne de 188m.

Sur toute la partie de la basse Cagne comprise entre les antennes des Bugadières et l'ancienne centrale hydroélectrique, aucun individu marqué n'a été retrouvé.

6. Traits de vie de quelques individus

Les opérations menées depuis 3 ans sur le tronçon de Cagne concerné par l'étude permet de suivre le déplacement, comportement, croissance de quelques individus :

Individus marqués en 2017 : Sur les 47 individus marqués, 15 avaient quitté le système Cagne avec les crues automnales de 2017 : il s'agissait en grande partie de MD (60%). A cela se rajoutent 4 individus ayant dévalé en automne 2018. Sur les 29 potentiellement restants, 6 individus ont été recontactés soit lors des opérations 2017/2019 de tracking mobile ou pêche de sondage.

Ainsi, l'individu **CA17_009** (MD marqué au Pont des Salles en 2017) a été recontacté sur la même station en tracking 2018 puis en pêche 2019 : il s'est très peu déplacé mais a perdu du poids sans toutefois que son stade d'argenteure change.

L'individu **CA17_012** (FV marquée au Poutaouchou en 2017) a été repêchée en 2019 : en croissance, le stade d'argenteure régresse pourtant en FIII.

Individus marqués en 2018 : Sur les 46 individus marqués, 12 avaient quitté le système Cagne avec les crues automnales de 2018. Sur les 34 potentiellement restants en début 2019, 9 individus ont été recontactés soit lors des opérations 2017/2019 de tracking mobile ou pêche de sondage.

L'individu **CA18_006** (FV marqué au Pont des Salles) est restée stationnaire sur l'antenne fixe du Pont des Salles pendant le mois d'Aout 2019 ; Repêchée en Septembre 2019, elle a perdu beaucoup de poids et régresse au stade FII.

L'individu **CA 18_036** (FIII marqué à Simbille) a été repêchée en 2019, affiche alors une forte perte de poids et regresse au stade FII après le protocole Durif ; elle est cependant détectée par l'antenne fixe des Bugadières le 19 novembre 2019, laissant penser qu'elle a définitivement quitté la Cagne.

7. Entretien et maintenance des stations

Notre fédération a été amenée à se déplacer de nombreuses fois sur les sites des antennes pour en vérifier le bon fonctionnement, la non détérioration ou encore réaliser des réparations ponctuelles.

Des passages de routine avec simple contrôle visuel ont permis de s'assurer que l'ensemble antennes/coffrets/câbles ne soit pas détérioré par les riverains en rive droite lors de leur entretien des berges ou vandalisé par les personnes passant à proximité du site (forte affluence sur la rive gauche dûe à la proximité avec un collège aux Bugadières). La connexion des câbles et leur intégrité est également vérifiée (risque de détérioration par des rongeurs).

Plusieurs réparations ont dû être menées sur les antennes et coffrets, récapitulées ici chronologiquement :

En Mai, problème d'envoi des données depuis le modem des coffrets des Bugadières ;

En Aout, en coopération avec MRM et le bureau d'étude chargé de l'installation des antennes, les coffrets ont été changés sur la station des Bugadières pour une meilleure efficacité : éviter la dérive de l'horloge interne, serveur des données de détections simplifié...

En Septembre et Octobre, contrôle visuel des antennes des 2 sites, vérification des ranges...

En Novembre et Décembre, plusieurs pannes ont nécessité des interventions :

- Aux Bugadières, destruction des antennes suite à la crue du 23 Novembre : les antennes ont été retirées du lit de la Cagne.
- Aux Pont des Salles, la succession des crues a endommagé les antennes : l'intervention du 18 Décembre a permis de consolider sommairement les antennes encore bien ancrées en rive droite.



Figure 13: Crue du 23/11/2019 Confluence Cagne/Malvan



Figure 14: Crue du 23/11/2019 Bugadieres



Figure 15: Antenne au Pont des Salles post crue

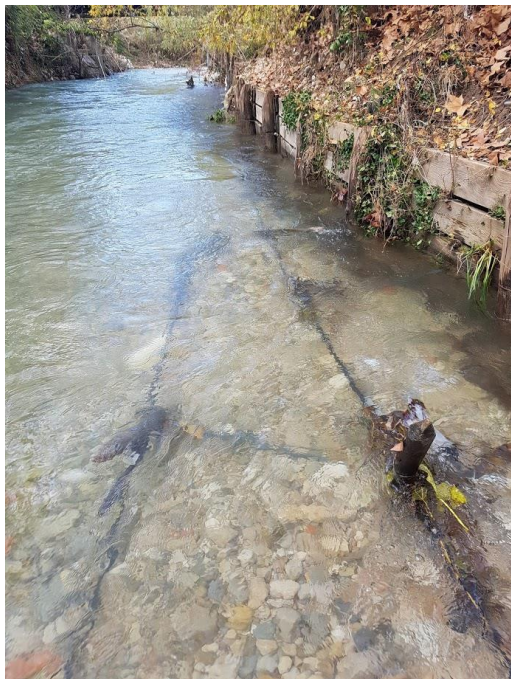


Figure 16: Antenne Bugadières post crue

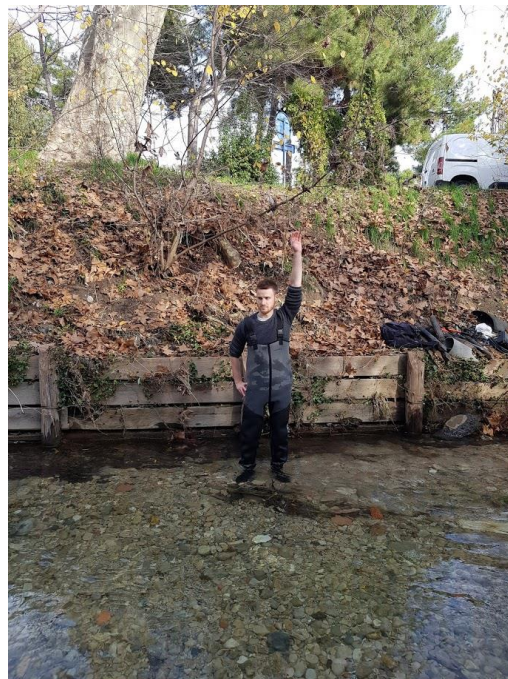


Figure 17: Mesure de hauteur des laisses de crue de Novembre



Figure 18: Coffret Tuner Bugadières



Figure 19: Retrait des antennes des Bugadières

8. Détections d'individus migrants et facteurs environnementaux

La succession de pluies et d'épisodes méditerranéens entre le 15 Octobre et le 1 Décembre 2019 survenus sur le département a déclenché la dévalaison d'individus marqués.

8.1. Détection des individus migrants

ANG	L	P	Ln	DM	DV	Dh	Stade (d'après feuille résultat)	Provenance	Passage PDS	Passage BUG
CA19_256	512	309,2	26,99	7,40	6,64	8,15	FV	Simbille		15/10/2019 20:37
CA18_032	495	264	27,24	6,44	6,5	6,37	FIII	Simbille	15/10/2019 20:01	19/10/2019 17:32
CA19_046	308	47,1	13,93	4,12	4,04	4,2	FI	Pont des salles	15/10/2019 18:03	
CA19_051	400	133,8	17,25	6,26	5,94	6,57	MD	Poutaouchou	15/10/2019 17:45	15/10/2019 19:49
CA19_019	393	143,2	18,53	6,77	6,52	7,01	MD	Pont des salles	15/10/2019 17:15	21/10/2019 17:47
CA18_001	347	84	17,81	5,65	5,55	5,75	MD	Pont des salles	15/10/2019 15:01	15/10/2019 18:12
CA19_200	516	290,8	22,79	6,68	6,65	6,7	FII	Simbille	15/10/2019 15:01	15/10/2019 16:31
CA19_043	352	78,7	18,85	6,38	5,94	6,81	MD	Pont des salles	15/10/2019 13:56	15/10/2019 15:18
CA19_150	378	92	21,45	6,42	6,02	6,82	MD	Poutaouchou	15/10/2019 13:34	15/10/2019 16:06
CA18_028	376	95	20,7	5,63	5,65	5,61	MD	Poutaouchou	15/10/2019 13:22	21/10/2019 17:35
CA19_166	395	132,3	18,54	4,69	4,5	4,87	FI	Poutaouchou	15/10/2019 13:10	19/10/2019 20:27
CA19_010	405	131	21,66	5,96	5,89	6,02	MD	Pont des salles	15/10/2019 12:39	15/10/2019 14:24
CA19_039	558	365,3	30,73	7,34	6,96	7,71	FV	Pont des salles	15/10/2019 08:47	
CA18_018	385	96	21,18	5,73	5,81	5,65	MD	Poutaouchou	15/10/2019 08:06	15/10/2019 14:07
CA19_267	509	254,7	27,14	6,91	6,87	6,95	FIII	Simbille	19/10/2019 18:42	20/10/2019 18:39
CA18_007	363	96	21,18	5,34	5,41	5,27	MD	Poutaouchou	19/10/2019 18:18	19/10/2019 19:44
CA19_275	493	219	24,81	7,63	7,53	7,72	MD	Simbille	19/10/2019 18:12	19/10/2019 19:37
CA19_048	412	118,2	15,03	4,01	4,18	3,83	FI	Pont des salles	19/10/2019 12:28	
CA19_032	380	139,1	21,2	7,21	7	7,42	MD	Pont des salles	19/10/2019 11:33	19/10/2019 19:29
CA19_244	469	208,6	23,6	6,98	6,98	6,98	MD	Simbille		19/10/2019 19:14
CA19_249	507	293,3	26,93	8,53	7,82	9,23	FV	Simbille		20/10/2019 18:06
CA18_040	460	148	27,48	6,61	6,61	6,61	FV	Simbille	24/10/2019 09:08	
CA19_222	542	381,2	30,4	6,41	5,75	7,07	FIII	Simbille	03/11/2019 16:51	03/11/2019 17:39
CA18_036	579	384	30,85	6,37	6,43	6,3	FIII	Simbille	15/11/2019 17:01	15/11/2019 17:51
CA18_043	477	224	23,91	6,92	7,1	6,73	MD	Simbille		19/11/2019 17:37
CA19_219	510	300,8	27,53	7,80	7,72	7,87	FV	Simbille		19/11/2019 12:51
CA17_045	535	262	26,01	7,00	7,28	6,72	FIII	Simbille		22/11/2019 23:44

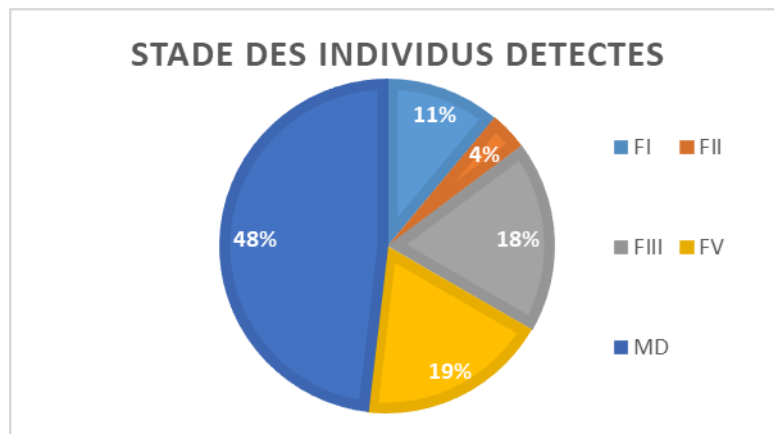
27 individus marqués ont été détectés lors des crues du 15 et 19/20/21/24 Octobre, puis des 3/5/19/22 Novembre. Avant ces épisodes pluvieux, une anguille CA18_006 marquée en 2018 avait été détectée à multiples reprises entre le 9 et le 29 Aout sur la station du Pont des Salles.

La majorité des individus dévalant ont bien été détectés par les 2 antennes des 2 stations.

Cependant, certains individus ont été détectés par une seule antenne ou une seule station. Cela s'explique parce que la lame d'eau en crue était plus importante que les ranges de détection des antennes.

L'antenne 1 des Bugadières a été la plus efficace avec 24 individus détectés, ce qui s'explique par sa localisation et la morphologie du lit à son emplacement : elle est placée en tête de radier dans une zone stable. L'antenne 2 de cette même station est sur une zone de dépôt et a détecté 22 individus.

Les antennes de la station Pont des Salles sont moins efficaces avec respectivement 19 détections par l'antenne 1 et 20 pour l'antenne 2.



Quasiment la moitié des individus détectés sont des MD.

8.2. Données hydrologie 2019 et précipitations

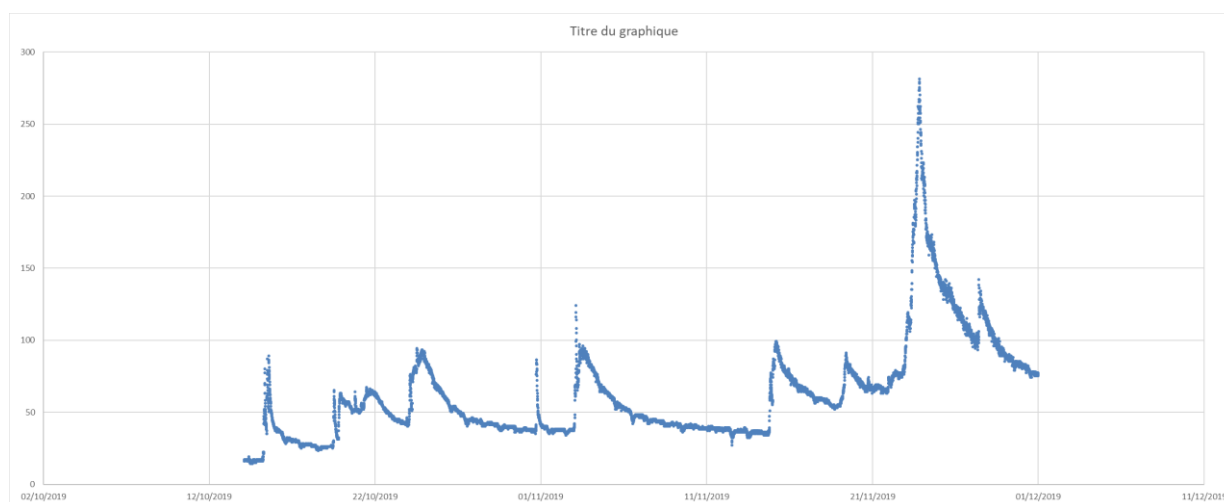


Figure 20: Hauteurs de la Cagne fin 2019 (source MNCA – Station du Pont des Salles)

La crue du 23 Novembre, qualifiée de crue >Q50, a entraîné la détérioration des antennes du Pont des Salles et arraché les pieux de fixation des antennes aux Bugadières.

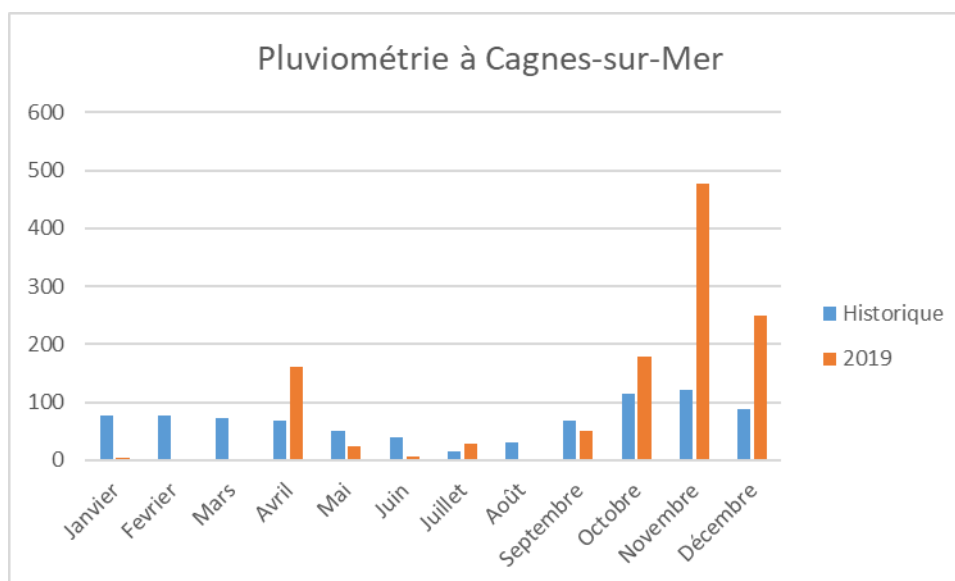


Figure 21: Précipitations 2019 par rapport aux moyennes historiques

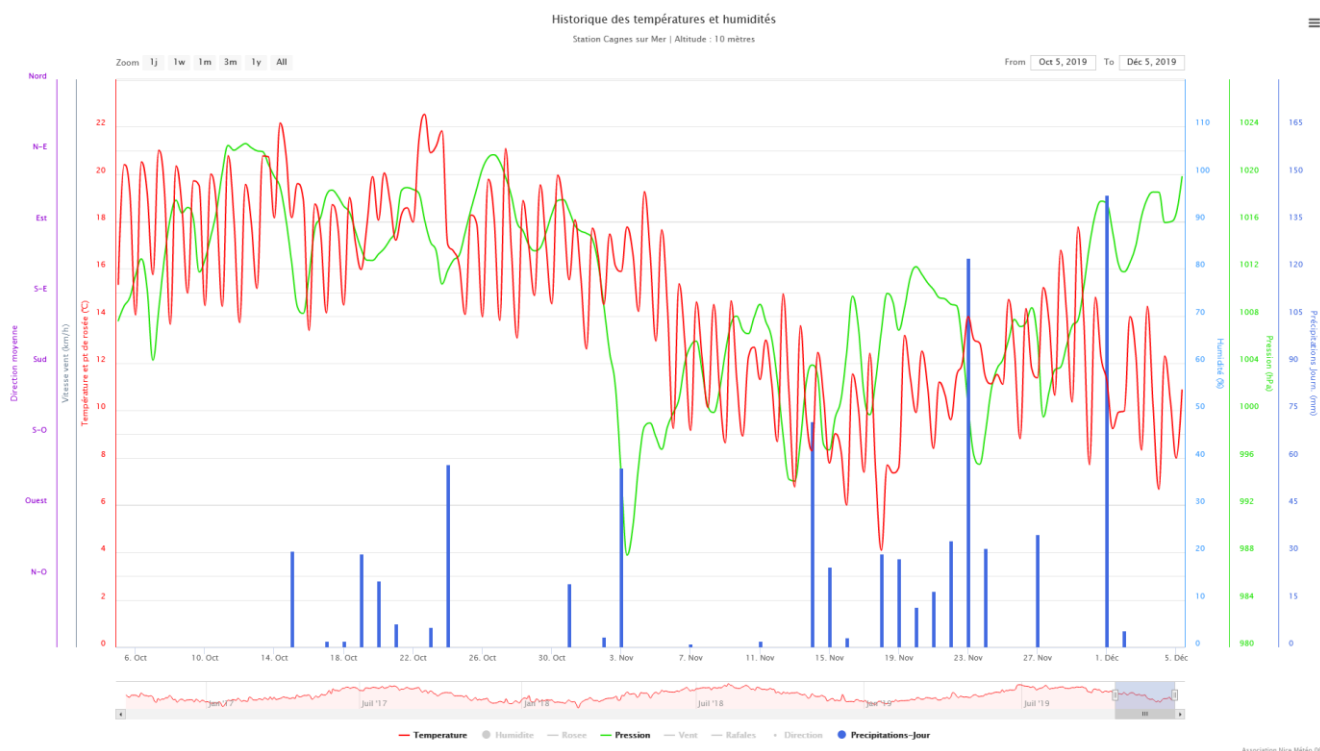


Figure 22: Variables climatiques sur la fenêtre de dévalaison

Globalement, les premiers résultats confirment les postulats figurant dans la bibliographie sur la dévalaison : départ en masse des individus argentés lors des coups d'eau d'automne, plages horaires plus favorable (périodes de pénombre notamment), Départ des individus femelles des stations hautes (Simbille) et des males des stations basses...

Par contre, les postulats concernant l'état physiologique (ou stade) des individus susceptibles de dévaler ne correspondent pas à nos observations : des stades FI, FII et FIII ont été détectés par les 2 stations, ce qui laisse présumer un échappement à la mer.

Nous ne disposons cependant pas de données sur la vitesse de maturation des anguilles argentées : le marquage massif de 2019 combiné à de la recapture en 2020 pourrait nous renseigner sur ces phénomènes.

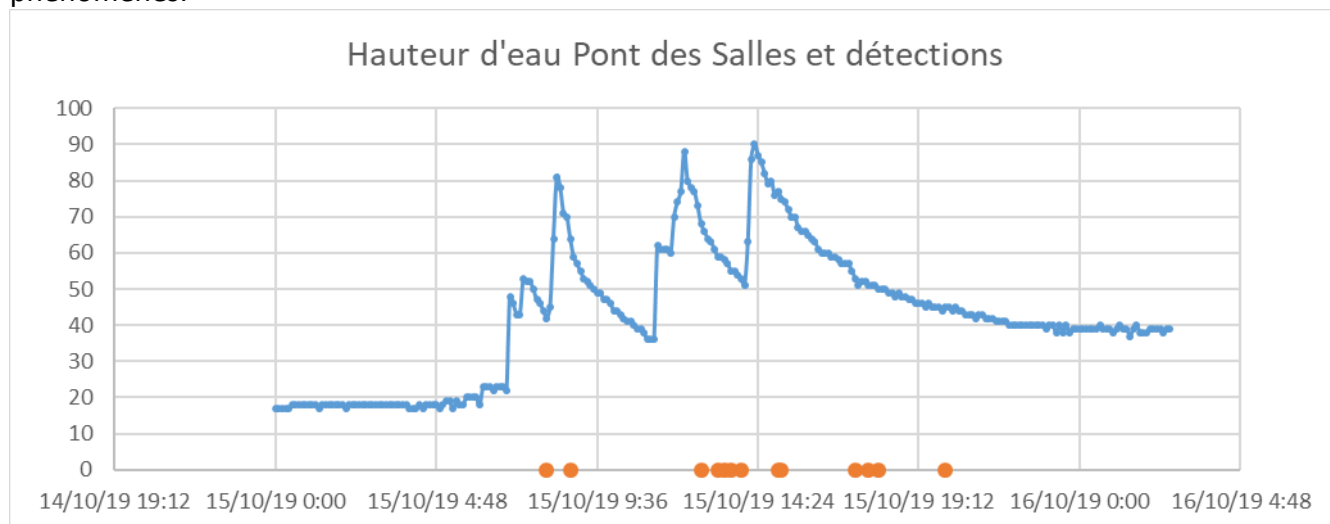


Figure 23: Détections au Pont des Salles lors du 1e coup d'eau d'automne 2019

En faisant un zoom sur le premier coup d'eau de l'automne 2019, on observe une réaction directe des individus migrants à la montée de débit : parmi les 13 individus détectés le 15 Octobre au Pont des Salles, 11 proviennent des stations les plus basses sur le BV à savoir Pont des Salles (6 ind.) et Poutaouchou (5 ind.); il s'agit en grande majorité de MD (8 ind.).

Le premier à réagir à la montée de débit est un MD provenant du Poutaouchou ;

Les individus provenant de Simbille ont été détectés au Pont des Salles plutôt sur les épisodes de pluie plus tardifs, de fin Octobre et début Novembre.

Comme l'année dernière, certains individus ont fractionné leur migration d'avalaison en plusieurs étapes : ainsi 4 individus ont mis 4 ou 5 jours pour passer sur les 2 stations de détection : pas de tendance à tirer de ces 4 individus ni dans les stades de maturation, ni dans la station de provenance ou les tailles/poids.

Les vitesses de dévalaison les plus importantes entre les 2 stations est de 47 et 50 minutes, pour 2 FIII provenant de Simbille, dévalant respectivement le 3 Novembre et le 15 Octobre.

9. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'échantillonnage 2019 réalisé sur 3 stations réparties sur la basse et moyenne Cagne a permis de pêcher 348 anguilles. 312 de ces anguilles ont fait l'objet de mesures de biométrie spécifiques pour la détermination du degré d'argenture Durif. Il en ressort une forte proportion de stades FI et FII. 300 nouveaux individus ont été marqués par Pit Tag, là aussi en majorité des FI et FII.

Les épisodes de crues successifs d'Octobre et Novembre 2019 ont déclenché la dévalaison d'individus, dont 27 ont été détectés par les antennes. L'efficacité du dispositif n'est pas bonne pour la crue du 23 novembre, pour laquelle des hauteurs allant jusqu'à 2.7 m ont été enregistrées.

La priorité pour l'année future concerne la remise en état des stations de détection.

L'étude 2020 pourra être complétée par :

- **Tracking mobile** pour estimer la proportion d'individus marqués encore présents dans la Cagne : cette campagne nous permettrait d'estimer à la fois le taux de relargage des PitTag, d'affiner l'efficacité des antennes (par comptage des individus marqués encore présents en amont des antennes) et d'avoir des premiers éléments sur les déplacements des individus. Plusieurs campagnes sur l'année peuvent être envisagées.

- **Pêches de sondage/recapture sur des tronçons localisés**

Cette opération peut nous apporter des connaissances sur les taux de croissance, la vitesse d'argenture des individus marqués. Les secteurs ciblés peuvent être déterminés à partir des localisations d'individus issus du tracking mobile.

- Améliorer l'acquisition ou l'échange de données sur l'hydrologie et les hauteurs d'eau.