

Rapport de fin d'étude**DIFFUSION**

Nom	Organisme/Société
Ariette SOURZAC POLLET	AEAG
Stéphane BONNEFON	AEAG
Nicolas BORDES	OFB
Pierre SAGNES	OFB
Guillaume BARRANCO	MIGRADOUR
Samuel MARTY	MIGRADOUR
Benoît DARTAU	MIGRADOUR

Version 1.1 du 24/03/2023

Rédacteur : T. Menjuzan

Table des matières

Préambule	3
Contexte	3
Innovation	4
SICAAV	4
Principe de fonctionnement.....	4
Technique de suivi mise au point	6
Mise en œuvre.....	6
Calibration	7
Transfert sur un autre site.....	7
Efficacité et limite	7
Retour client	8
Analyse des écarts 2022	9
Mode dégradé	10
Statistiques.....	10
Evolution	12
Budget	13

Préambule

Ce document fait la synthèse des 5 années de mise au point du dispositif SICAAV qui signifie **S**ystème **I**nnovant de **C**omptage des **A**nguilles en **A**utomatique par **V**ision.

La société HIZKIA, en partenariat avec EDF et l'association MIGRADOUR, avait pour mission de mettre au point ledit système.

EDF met à disposition de Hizkia la rampe à anguilles de la centrale hydro-électrique de Baigts de Béarn, et MIGRADOUR celle de Soustons. Ces deux sites ont des caractéristiques différentes :

- Site de Soustons : proche de la mer, il permet d'observer le passage des civelles ;
- Site de Baigts : éloigné de la mer, il permet d'observer le passage des anguilletes.

Contexte

L'anguille européenne est une espèce patrimoniale menacée. L'Union Européenne a mis en place le Plan de Gestion Anguille (PGA), qui désigne quelques rivières index anguilles dans lesquelles sont effectuées des opérations de dénombrement.

Les populations d'anguilles présentent dans ces rivières index sont suivies au cours des différents stades de leur vie. Le but est d'obtenir des données exactes sur les quantités de civelle / anguilletes qui remontent les cours d'eau.

Technique de comptage actuelle par piégeage :

- Risque de contagion dans la masse des poissons entassés ;
- Mortalité par manque d'oxygène ;
- Calibrage des poissons par des grilles qui peuvent enlever le mucus et fragiliser les poissons ;
- Stress des poissons et utilisation d'anesthésiant pour les mesurer ;
- Obligation de venir vider le piège plusieurs fois par semaine en période de migration ; coûts en temps de main d'œuvre, et déplacements (temps, carburant, pollution) ;
- Risque de braconnage.

L'enjeu principal du projet est de mettre au point un outil moderne de comptage qui supprime la liste des inconvénients liés au piégeage.

En 2023, le développement du SICAAV **est terminé** et HIZKIA **commercialise** une version finale du compteur.

Innovation

L'innovation consiste à utiliser l'apport des technologies numériques et non destructives récentes (éclairage à LED infrarouges, caméras numériques, algorithmes de traitement d'images, Deep-Learning, communications à distance...) pour réaliser une mesure automatique, en continu, du nombre et de la taille des poissons franchissant la rampe, sans avoir, pour cela, à stocker et manipuler les poissons.

Les avantages apportés par l'innovation proposée sont nombreux :

- Pas d'entassement dans les pièges, avec les risques associés : mortalité directe par étouffement, transmission de maladies ;
- Pas de manipulation de poissons, avec les risques d'abîmer la couche de mucus : préservation de l'intégrité du poisson ;
- Pas de déplacement du personnel sur site pour le comptage, le réglage, le vidage des pièges : gain en carburant, en pollution ;
- Pas de temps de personnel passé au comptage ;
- Fonctionnement en continu :
 - Tous les poissons franchissant la rampe sont examinés ;
 - Analyse fine du moment de passage, à la minute près – corrélation possible avec des données d'environnement ;
 - Pas d'interruption de la migration, les poissons ne séjournent que brièvement dans le système de comptage.
- Alarme immédiate en cas de migration, d'anomalie de fonctionnement.

SICAAV

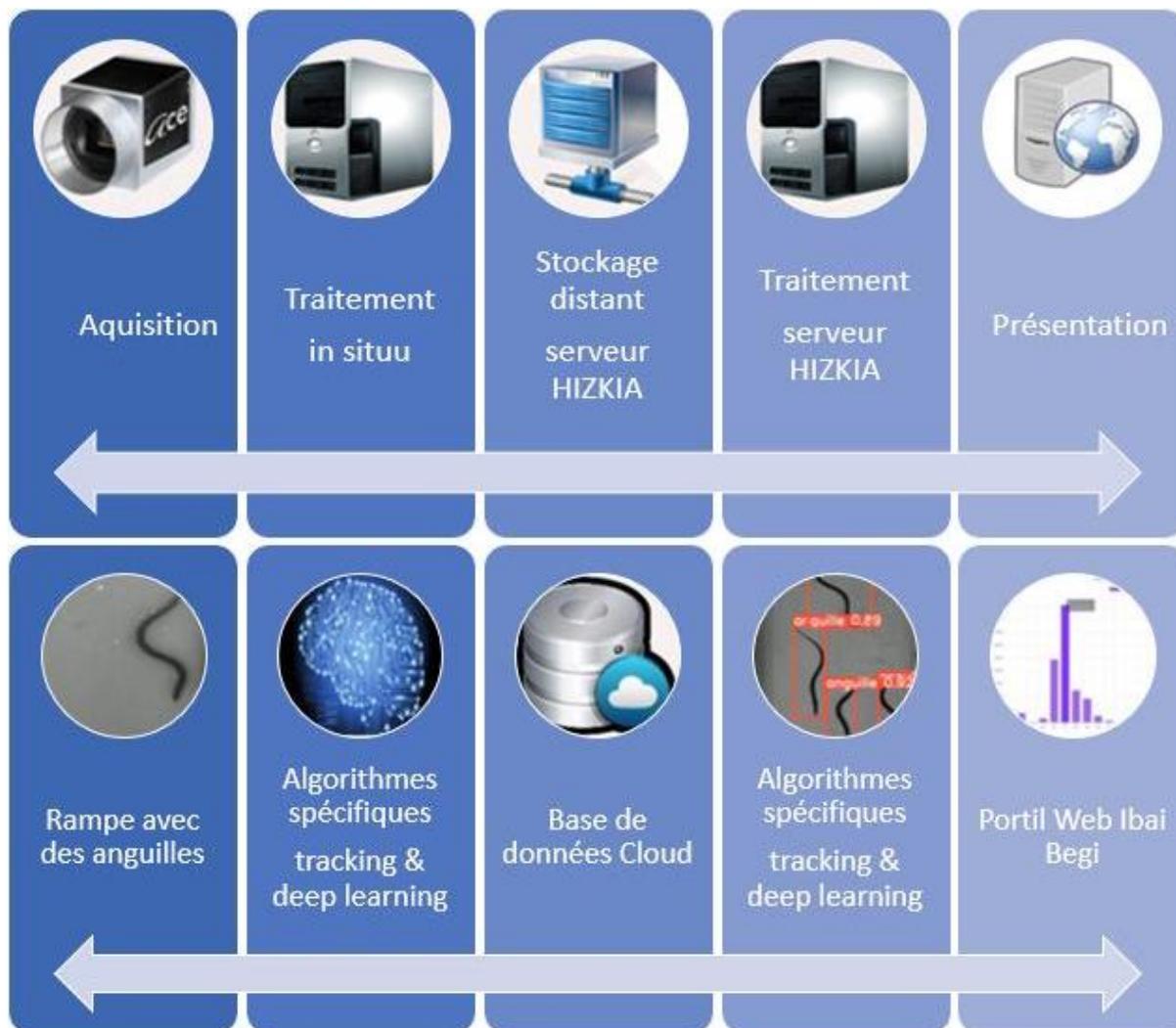
Principe de fonctionnement

Le SICAAV est installé à la sortie des dispositifs de franchissement spécifiques à l'anguille, appelés rampes à anguilles.

Le système local est composé d'un éclairage, d'une caméra industrielle et d'un ordinateur. La caméra filme une goulotte blanche en plan incliné où dévale les anguilles.

Le logiciel allie à la fois des algorithmes de *Deep Learning* et de *Tracking* pour repérer et suivre les anguilles.

Les données générées par l'ordinateur local sont transmises à un serveur qui en fait la synthèse et assure le stockage des résultats en base de données. Les données sont consultables et téléchargeables depuis un portail web.

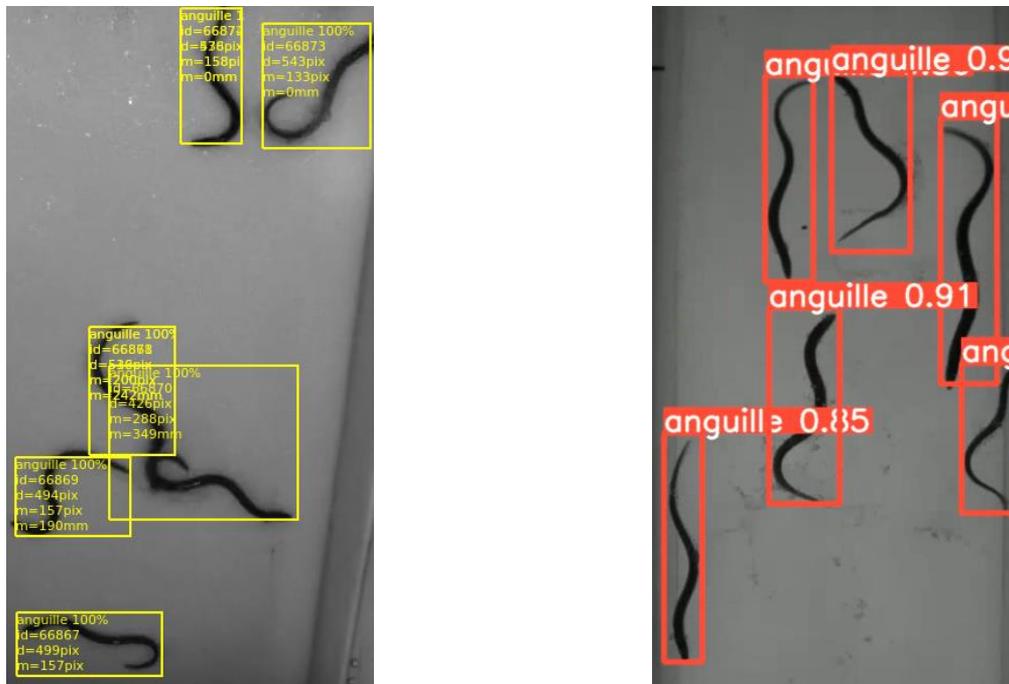


- Les anguilles sont filmées en sortie de rampe (possibilité de visualiser les films à distance) ;
- Les images sont traitées par un programme de Deep Learning qui compte les anguilles ;
- Les images et résultats de traitements sont enregistrés dans une base de données ;
- Les données traitées sont accessibles sur une plateforme en ligne dans un format facile à interpréter et à exploiter.

En complément, un système de supervision permet d'être informé en cas :

- De pic de migration (seuil paramétrable) ;
- De coupure d'électricité sur le site ;
- De perte de communication avec le compteur.

Mais également de consulter la vidéo de la rampe en temps réel (pour vérifier l'état de salissure de la rampe, ...).



Exemple de détection

Technique de suivi mise au point

Nous utilisons l'algorithme de Deep Learning YOLO, qui répond à notre problématique. Il est capable de repérer les animaux à l'image dans un délai inférieur à 50ms ; ce qui permet de tenir une cadence d'acquisition de 20 image seconde, nécessaire à suivre les anguilles qui dévalent rapidement. Notre modèle comporte plus de 10 000 images labélisés.

Nous avons ensuite mis au point un algorithme de suivi qui permet d'associer les individus d'une image à une autre et de gérer les collisions.

Nous avons également mise au point un algorithme pour récupérer la taille en pixel de l'anguille. Toutes les tailles individuelles sont ensuite utilisées pour extraire une taille finale en mm la plus fiable possible, en ignorant les mesures aberrantes.

Mise en œuvre

La version finale de notre dispositif se présente sous la forme d'une rampe capoté qui doit être incliné d'un angle minimum de 20° pour un écoulement des poissons sans remontée possible.

Nous utilisons un éclairage infrarouge qui est donc invisible à l'œil nu et permet de limiter le développement algal. L'entretien est simple pour retirer les algues un mouillage avec du vinaigre blanc est conseillé puis nettoyer la rampe avec un chiffon microfibre.

Le dispositif est raccordé à une station de travail par le biais d'un câble Ethernet et à une source d'alimentation en 24V ou 230V si on inclut le transformateur dans la rampe.

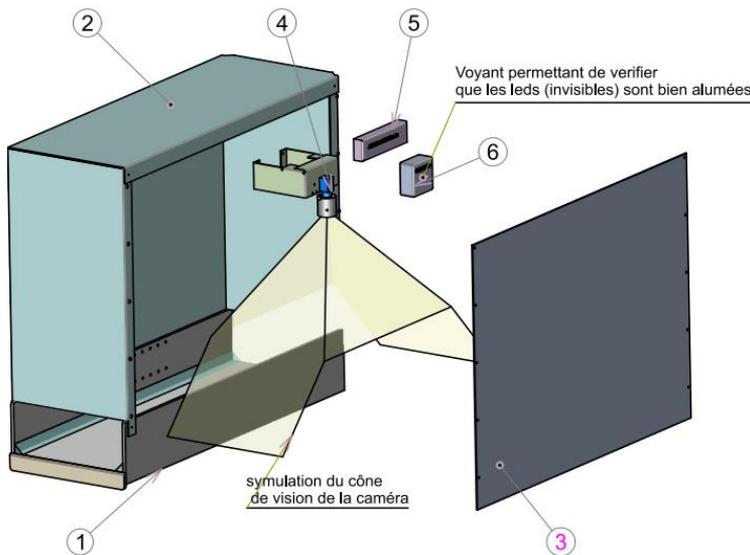
Le système est étudié pour fonctionner en continu 24h/24 et 7j/7.

Les trois points essentiels pour un fonctionnement correct du dispositif sont :

- Un nettoyage hebdomadaire de la rampe ;
- Une source d'énergie électrique stable pour alimenter l'informatique et les éclairages ;
- Qu'il n'y ait pas de parasites comme des insectes qui se baladeraient devant l'objectif.

De plus le lieu d'installation doit être fermé pour éviter un maximum les perturbations lumineuses extérieures (rayon du soleil, ombres, ...).

La rampe rétro-luminescente est la solution la plus efficace pour réduire les perturbations et faire ressortir la silhouette des anguilles, anguillettes et civelles translucides.



Projection isométrique du SICAAV



Exemple de mise en œuvre

Calibration

Suite à nos travaux en 2022, les paramètres physiques du SICAAV sont maintenant figés (caméra, objectif, filtre, éclairage, distance de mise au point...) et le modèle Deep-Learning comporte un nombre important de séquences labélisées (plus de 10000). Notre compteur ne **nécessite plus** de calibration.

Transfert sur un autre site

Hormis une adaptation de la goulotte, le SICAAV nécessite juste une activation à distance de la part d'HIZKIA.

Efficacité et limite

Les conditions dans lesquelles les compteurs ont pu être testés permettent de valider une capacité à rester fiable pour un flux de **10 000 anguilles par heure**. Au-delà, la mesure risque de perdre de la précision.

Cependant, les vidéos étant gardées, le compte peut être contrôlé par un humain.

Le taux d'erreur constaté sur les comptages est < 5 %. Les individus sont classés par tranche de 2cm.

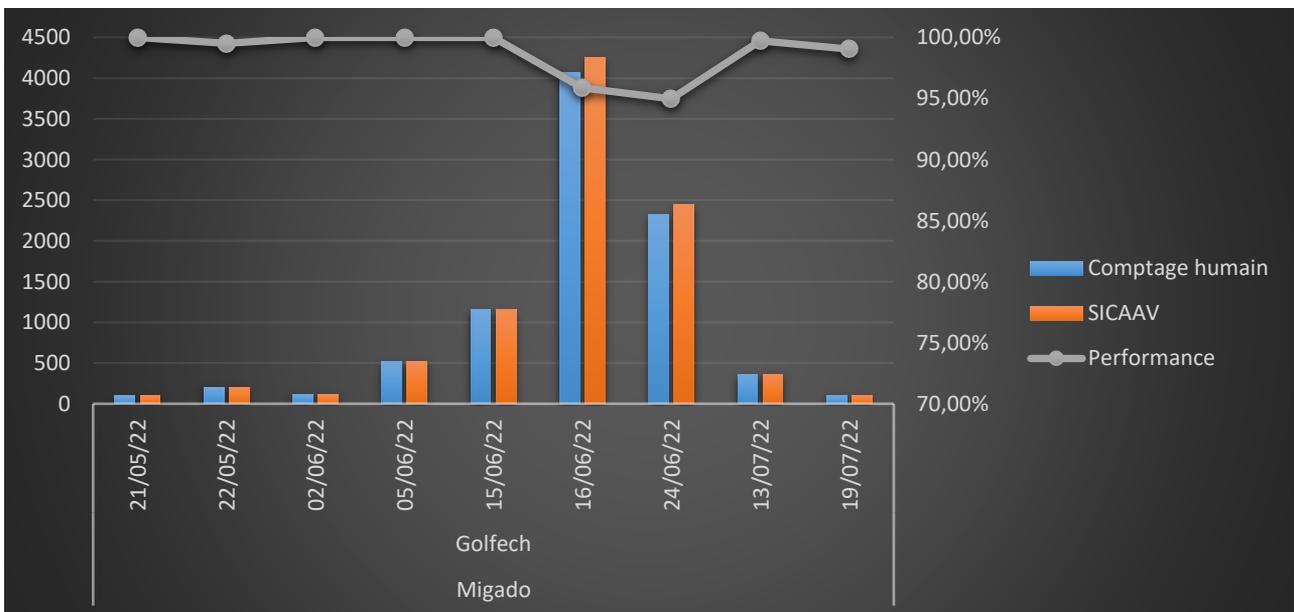
Si les volumes de passages sont supérieurs à 100 000 anguilles nuits, il faut multiplier le nombre de goulottes et de caméras.

Retour client



Issu des données Migradour

En 2022 avec la dernière version de l’algorithme et des entrainements Deep-Learning la moyenne de la performance de comptage du SICAAV est de 98,54% pour donner suite aux essais réalisés par Migradour sur le site de Baigts-de-Béarn.

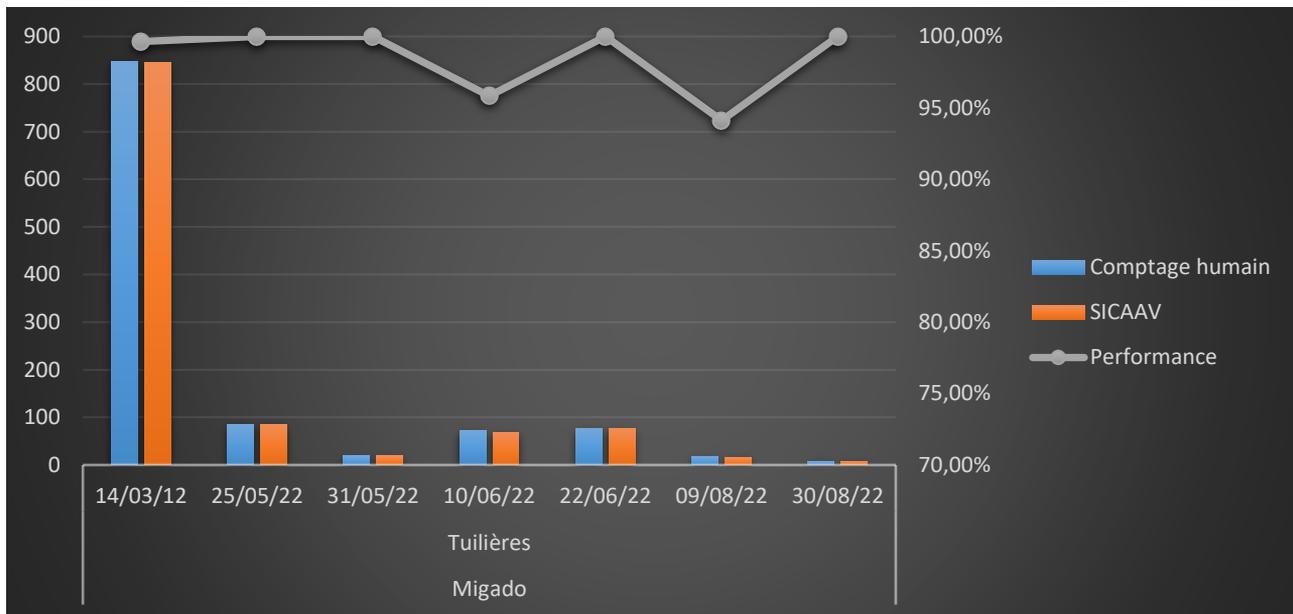


Issu des données Migado

En 2022 avec la dernière version de l’algorithme et des entrainements Deep-Learning la moyenne de la performance de comptage du SICAAV pour donner suite aux essais réalisés par Migado sur le site de Golfech :

- Flux forcé avec lâché : 94,49% ;
- Flux naturel : 99,20%.

A noter, les échantillonnages du 16/06/22 présentent une moindre efficacité du compteur automatique. Cela s'explique par le rythme important des passages à ces moments-là (des milliers d'anguilles déversées simultanément en amont immédiat du compteur) mais aussi par l'état de fatigue de ces individus, entraînant une proportion anormalement élevée d'anguilles juxtaposées.



Issu des données Migado

En 2022 avec la dernière version de l'algorithme et des entrainements Deep-Learning la moyenne de la performance de comptage du SICAAV est de 99,05% pour donner suite aux essais réalisés par Migado sur le site de Tuilières.

Analyse des écarts 2022

L'efficacité du compteur est proche de 100% pour le comptage, ci-dessous analyse des écarts de détection :

- Des anguilles non comptabilisées car elles restent sur la rampe :
 - Ce problème est à résoudre physiquement, il faut faire en sorte que les animaux soient obligés de dévaler en augmentant l'inclinaison du SICAAV et/ou le débit d'eau ;
 - Si malgré tout une anguille est immobile notre programme intègre une sécurité permettant de ne pas la comptabiliser (les autres anguilles passant dans la séquence étant bien comptées). Une alerte est envoyée et il est possible de réaliser le dépouillement manuellement. Les retours terrain 2022 nous ont permis d'optimiser la valeur du paramètre.
- Quelques insectes pris comme des anguilles alors qu'ils sont majoritairement détectés comme insectes :
 - Ce point a été résolu entre temps, la probabilité que ce soit un insecte est bien calculé et donc l'insecte n'est plus comptabilisé dans les anguilles.

- Des anguilles de très petites tailles descendant dans l'angle de la cornière non détectées par l'IA :
 - L'IA n'a pas été entraîné avec des animaux aussi petit évoluant dans la cornière, quand nous aurons plus de séquences de ce type nous allons re-entraîner avec ces images pour améliorer la détection.
- Des bras comptabilisés comme des anguilles :
 - Dans notre mode opératoire pour le nettoyage nous préconisons de couper l'acquisition lors des interventions ce cas d'erreur ne doit pas se présenter.

Mode dégradé

La perte d'un organe essentiel comme une panne de l'ordinateur ou de l'éclairage rend le compteur inopérant.

La perte de la connexion internet nous prive de la partie supervision et des résultats de comptage à partir de la date de coupure.

Cependant, le dispositif sur place continu de fonctionner et les données se synchronisent automatiquement avec le serveur lorsque la connexion internet est rétabli.

Statistiques

Exemple de statistiques accessible en ligne sur notre portail Internet Ibai Begi <https://ibaibegi.hizkia.eu/login>

Sélection de la période

15/05/2022



01/08/2022



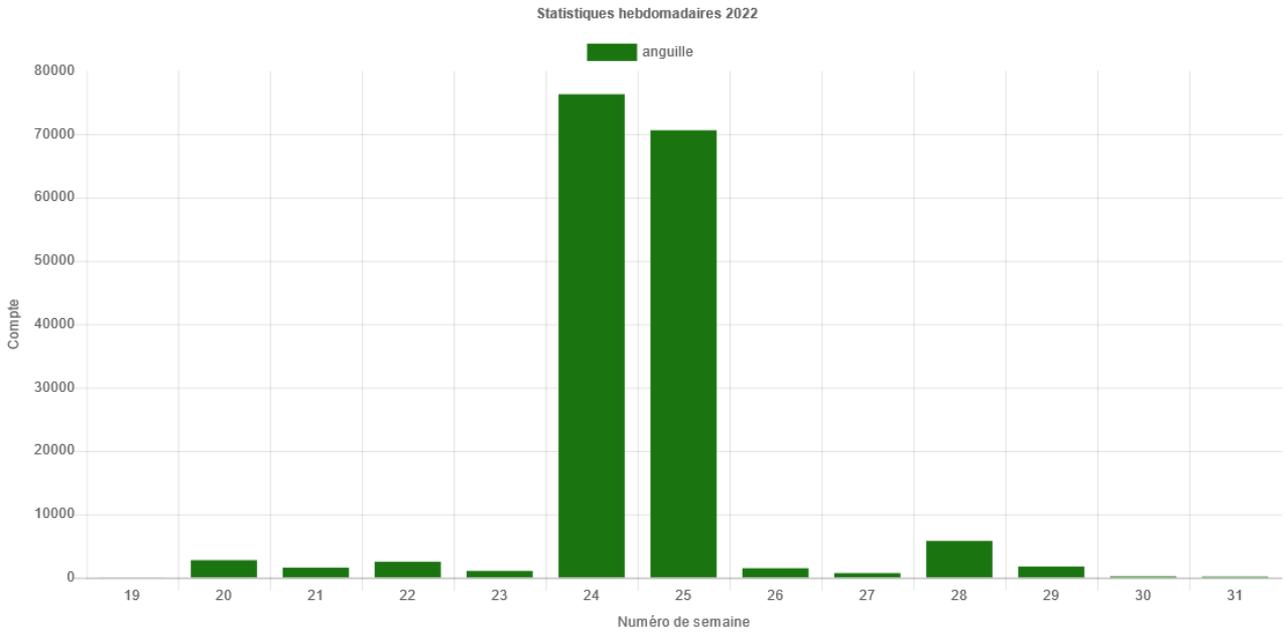
Filtrer

Export des statistiques

Téléchargement : Données brutes / Statistiques hebdomadaires / Statistiques quotidiennes

Date/Heure	Nom	Quantité	Sens	Taille
2022-05-16 22:03:49.451000	anguille	1	1	227
2022-05-16 22:04:26.802000	anguille	1	1	296

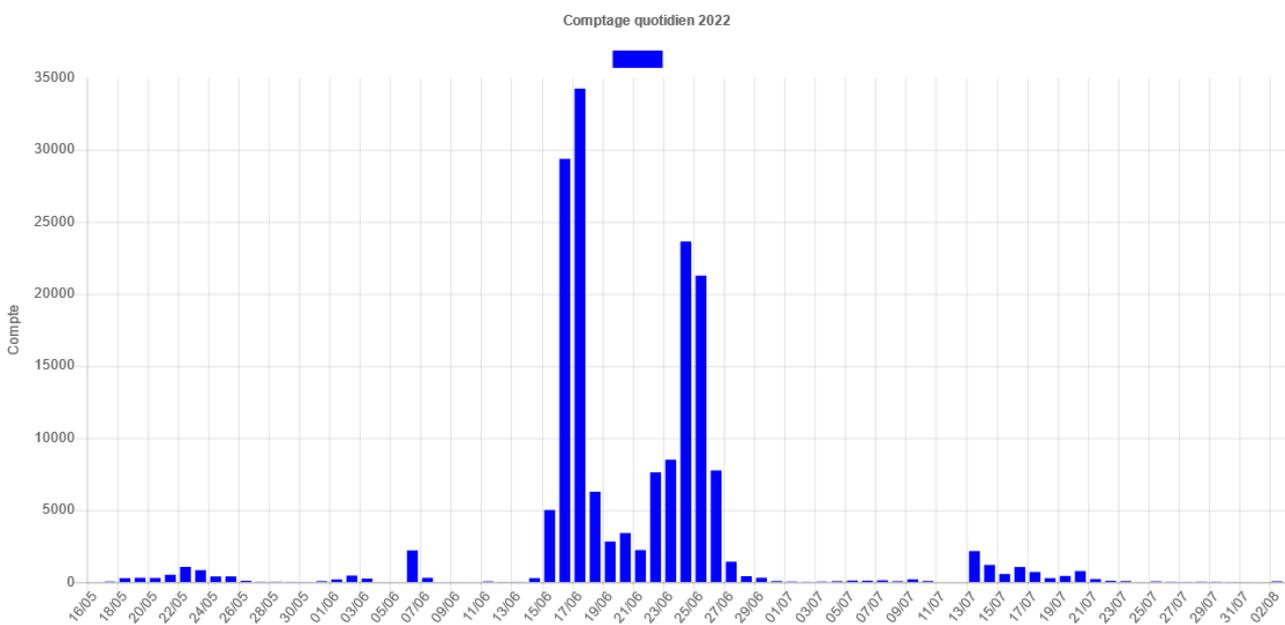
Visualisation des statistiques hebdomadaires



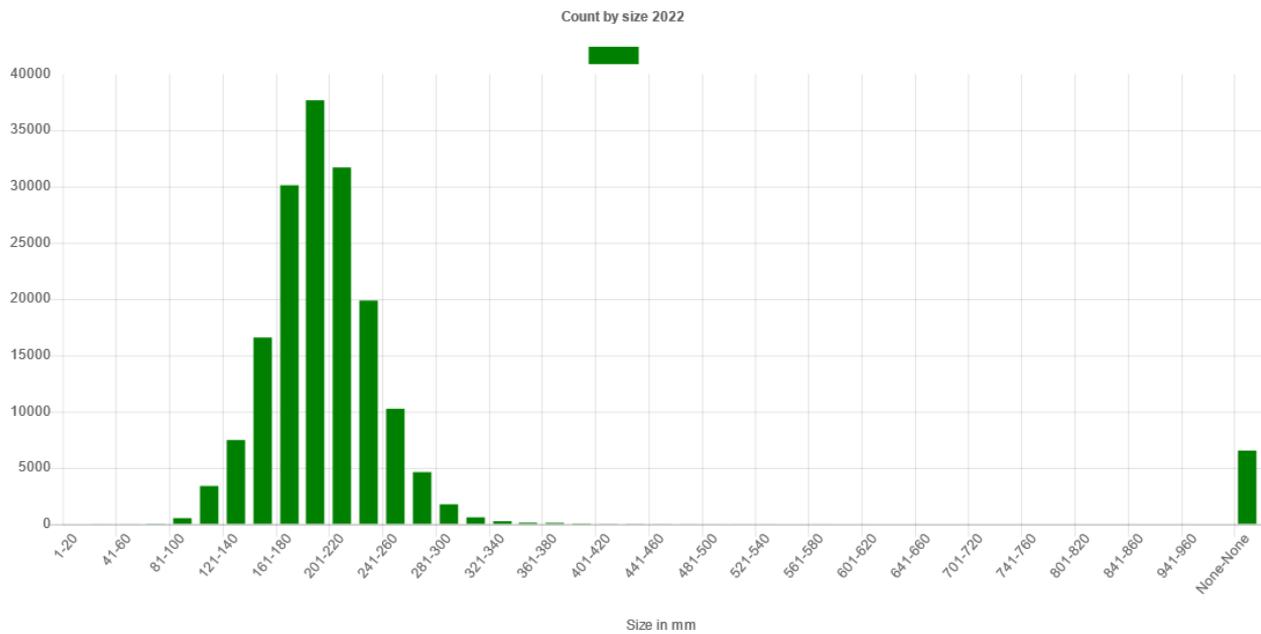
2022

Semaine	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
anguille	22	2765	1589	2521	1072	76306	70619	1484	724	5817	1765	204	169

Visualisation des statistiques quotidiennes



Visualisation des tailles



Evolution

HIZKIA soucieux de proposer des produits toujours plus performants continu d'améliorer ces systèmes et travaille sur l'optimisation de ses performances et notamment de la mesure des individus.

Budget

Nous proposons deux offres pour le compteur :

Offre achat : le client est propriétaire de l'ensemble du matériel, l'option d'achat comprend une partie fixe composée du matériel informatique et vidéo, et des licences logicielles de base.

Elle doit s'accompagner d'un contrat de maintenance / hébergement annuel incluant :

- Abonnement annuel au portail Ibai Begi : hébergement et l'analyse des données ainsi que la mise à disposition des résultats via des écrans de consultation
- Support et l'accompagnement
- Correction des bugs
- Améliorations sur les logiciels

Coût : 18 000€ rampe et matériel vidéo et informatique associé
+ 2 000€ / an maintenance

Offre service : la rampe SICAAV avec le matériel informatique associé est proposé en location annuelle, il s'agit d'une offre de service tout compris.

Elle comprend la fourniture et l'évolution du matériel informatique et vidéo et de tout le service autour du dispositif (logiciel, support, hébergement serveur, ...)

Coût : 5 000€ / an

Pour les deux offres, une option est proposée pour équiper le SICAAV d'une seconde caméra avec le matériel informatique associé.

Ce dispositif proposé en location filme en continu la rampe et permet après dépouillement des séquences de réaliser des comparaisons avec le comptage automatique.

En général nos clients prennent cette option la première année pour réaliser une validation interne du procédé de comptage automatique.

Quel que soit l'option tarifaire choisie, des prestations complémentaires sont à prévoir lors de l'installation initiale :

- Fourniture et installation de la goulotte à adapter sur la passe existante ;
- Frais de déplacement.