



Etude de la fréquentation des plages d'Anglet par suivi vidéo

Cédric OLÇOMENDY¹, Damien DAILLOUX¹, Didier RIHOUEY¹

1. CASAGEC EGIS GROUP, 18 rue Maryse Bastié, Zone de Maignon, 64600 Anglet, France.

contact@casagec.fr

Résumé :

Le littoral d'Anglet constitué de 4,5 km de plage sableuse dont 8 surveillés, confère à la commune un attrait touristique indéniable. Dans l'optique de disposer d'une donnée de fréquentation permettant demain d'alimenter les politiques locales en matière d'aménagement durable de son littoral, la ville d'Anglet s'est engagée dans une démarche de développement d'outils innovants de suivi de son littoral. Historiquement les méthodes visant à quantifier la fréquentation des espaces littoraux s'appuyaient majoritairement sur des comptages manuels, mais l'utilisation de systèmes vidéo numériques (GUILLEN *et al.*, 2008 ; BALOUIN *et al.*, 2014 ; RIHOUEY & DAILLOUX, 2015) constitue aujourd'hui une alternative autonome et moins coûteuse. Le calcul de la fréquentation des plages s'est basé sur les images du système vidéo développé par CASAGEC et installé au niveau du phare de Biarritz. Dans un premier temps, un algorithme de détection des surfaces de plage occupées a été développé à partir d'une technique de classification colorimétrique. Dans un second temps, l'algorithme a été calibré à partir de comptages manuels réalisés au cours de l'été 2023, afin d'établir la relation entre surface occupée et nombre d'utilisateurs. Une fois calibré, l'algorithme permet d'estimer le nombre d'utilisateur sur chacune des plages au cours de la saison estivale avec une fréquence horaire. Finalement, une analyse statistique de cette base de données de fréquentation des plages a permis d'appréhender la répartition temporelle et spatiale des utilisateurs et de mettre en évidence certains facteurs agissant sur la fréquentation.

Mots-clés :

Fréquentation des plages, Suivi vidéo, Détection automatisée, Analyse statistique.

1. Introduction

Les espaces littoraux représentent un enjeu territorial majeur au regard de leur rôle dans l'offre touristique régionale. La gestion de ces secteurs récréatifs (mode d'accès, proposition de solutions alternatives à la voiture, amélioration de l'offre de services au regard des usages, etc...) pose inmanquablement la question des outils et des méthodes disponibles pour étudier et suivre les activités balnéaires et notamment le nombre d'utilisateurs. Le littoral d'Anglet constitué de 4,5 km de plage sableuse dont 8

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

surveillés, confère à la commune un attrait touristique indéniable. Dans l’optique de disposer d’une donnée de fréquentation de ses plages, la ville d’Anglet s’est engagée dans une démarche de développement d’outils innovants de suivi de son littoral.

Historiquement les méthodes visant à quantifier la fréquentation des espaces littoraux s’appuyaient majoritairement sur des comptages manuels, mais l’utilisation de systèmes vidéo numériques (GUILLEN *et al.*, 2008 ; BALOUIN *et al.*, 2014 ; RIHOUEY *et al.*, 2015) constitue aujourd’hui une alternative autonome et moins coûteuse. Dans le cadre du suivi vidéo du littoral d’Anglet, une station vidéo a été installée au phare de Biarritz le 8 juillet 2019. Ce site permet d’observer le linéaire de la Petite Chambre d’Amour aux Cavaliers à partir de 5 vues à différents niveaux de zoom (voir Figure 1).

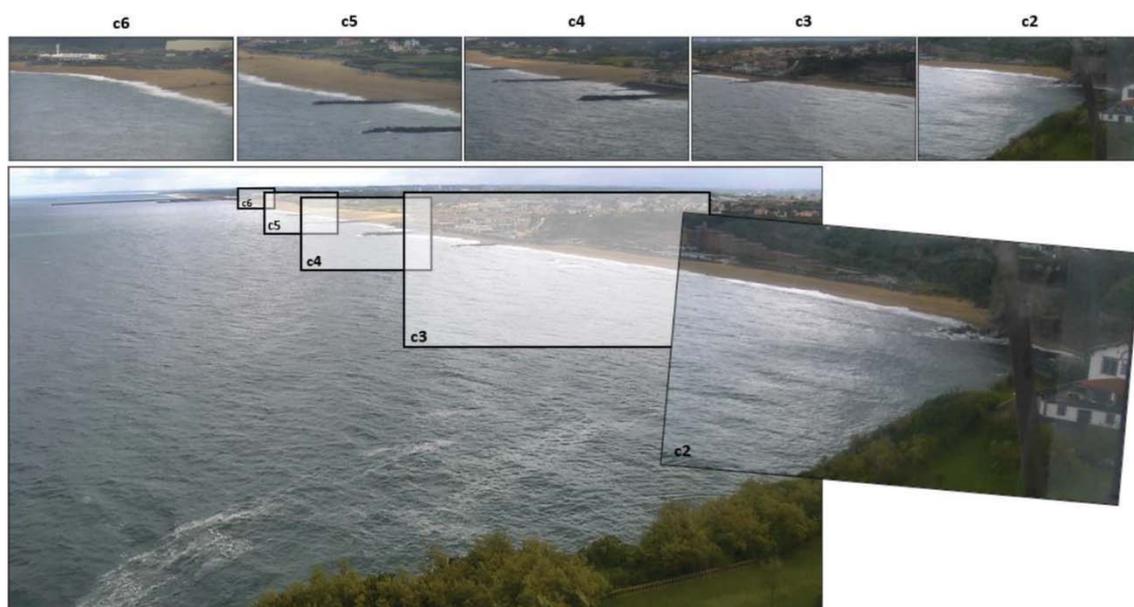


Figure 1. Vue globale et cinq niveaux de zoom de la caméra du phare de Biarritz.

Dans cette étude, un algorithme de comptage a été développé afin d’estimer la fréquentation sur chacune des plages à partir des images horaires du suivi vidéo. Le développement de cet algorithme s’est décomposé en deux étapes : la détection automatisée des zones de plage occupées, le calcul du nombre d’utilisateurs correspondant par calibration de l’algorithme grâce à des mesures de terrain acquises lors de la saison estivale 2023 qui seront décrites par la suite.

2. Détection automatisée des zones de plage occupées

Le suivi de la fréquentation des plages d’Anglet est réalisé au travers des 5 vues décrites précédemment :

- a) Vue c2 : plage de la Petite Chambre d’Amour (partie Sud).
- b) Vue c3 : plages de la Petite Chambre d’Amour (partie Nord) et du Club.

c) Vue c4 : plages des Sables d'Or et de Marinella.

d) Vue c5 : plages des Corsaires, de la Petite Madrague, de la Madrague.

e) Vue c6 : plages de l'Océan, des Dunes et des Cavaliers.

La technique de détection automatisée utilisée est basée sur un algorithme de comparaison de l'intensité des pixels présents dans une région d'intérêt. Une zone d'intérêt (Figure 2a) est définie pour chacune des plages (correspond à la plage sèche) et sera utilisée par l'algorithme pour l'ensemble du jeu de données. L'algorithme se divise en trois étapes : filtrage de l'image pour isoler la zone d'intérêt (Figure 2b), détection des pixels occupés et transformation de la matrice en binaire (Figure 2c) et délimitation des zones occupées par des polygones (Figure 2d). Cette technique permet de générer des polygones délimitant des groupes de pixels possédant des caractéristiques optiques différentes (les utilisateurs) de celles de l'environnement avoisinant (le sable).

Il est possible de définir une carte d'occupation de la plage en cumulant les matrices binaires des images horaires tout au long de la saison. Ces cartes permettent de mettre en avant les zones souvent occupées par des utilisateurs. Afin d'estimer la fréquentation de la plage, il est nécessaire d'établir une relation entre la taille des zones occupées (nombre de pixels dans les polygones) et le nombre d'utilisateur correspondant.

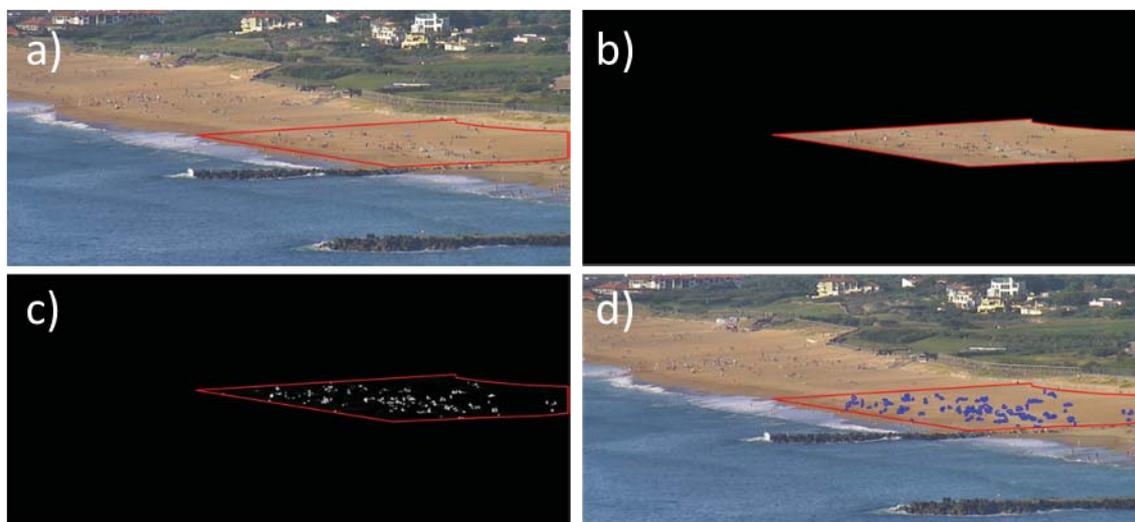


Figure 2. Exemple de détection automatisée des zones de plage occupées (plage des Corsaires) : définition de la zone d'intérêt (a), filtration de l'image (b), détection des pixels occupés (c) et délimitation des zones occupées par des polygones (d).

3. Définition de la relation entre la taille des polygones et le nombre d'utilisateurs

3.1 Mesures de terrain

Les mesures de terrain nécessaires à la calibration de l'algorithme ont été acquises lors de la saison estivale 2023. Deux types de comptage ont été effectués :

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

a) Comptage manuel sur les plages Petite Chambre d'Amour (PCA), Marinella et Océan/Dunes, avec des saisonniers de la mairie entre 12h et 14h pour des niveaux de fréquentation variables (4 campagnes),

b) Survol des plages Sables d'Or, Marinella, Corsaires, Madrague (avec Petite madrague) et Océan/Dunes, par drone lors de jours de très forte affluence et comptage sur photo drone (2 campagnes).

Les comptages ont permis de distinguer le nombre d'utilisateurs dans la zone d'intérêt (plage sèche) et en dehors (bas de plage et zone de baignade).

3.2 Calibration

La calibration de l'algorithme déterminant le nombre d'utilisateurs sur les plages d'Anglet à partir des surfaces occupées a suivi trois étapes : une pré-calibration pour obtenir une première relation linéaire entre surface occupée et nombre d'utilisateurs, un ajustement de la relation à partir des mesures de terrain et la définition d'une méthode pour prendre en compte les utilisateurs hors de la zone d'intérêt.

La pré-calibration a consisté à déterminer le nombre d'utilisateurs sur la plage à partir d'images issues de la caméra et d'un outil de digitalisation manuelle. Pour cela entre 10 et 15 images par plage ont été sélectionnées afin de couvrir une large gamme d'occupation au cours de la saison estivale. L'approche utilisée est de compter les utilisateurs non pas à l'échelle de la plage entière mais à l'échelle de chaque polygone associé à une zone occupée. Cette méthode permet de définir une relation pixels occupés/nombre utilisateurs variable en fonction de la taille du polygone. Un petit polygone correspondant à une personne isolée tandis qu'un polygone plus étendu correspondant à une zone de forte densité (Figure 3).

La pré-calibration permet d'obtenir une grande quantité de correspondances surface occupée/nombre utilisateurs, ce qui améliore la qualité de la calibration.

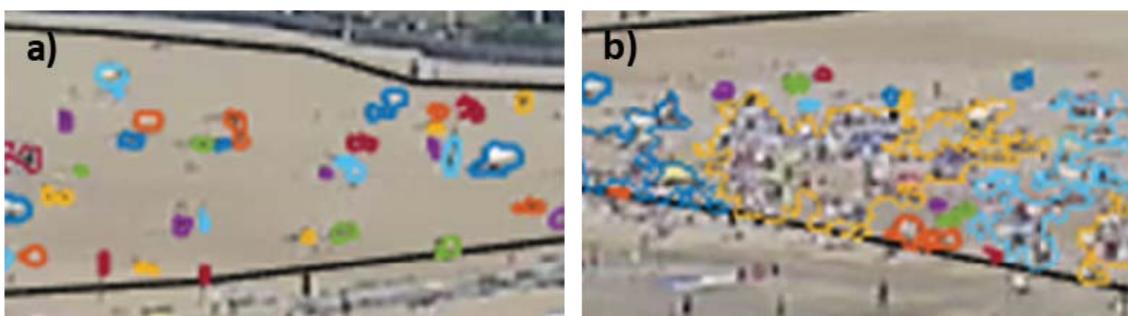


Figure 3. Exemple de polygones correspondant aux zones occupées : personnes isolées (a) et zone de forte densité (b).

En comparant le nombre d'utilisateurs estimés par l'algorithme de comptage (version pré-calibrée) aux mesures de terrain, il est observé que lorsque la plage est peu

fréquentée, l'algorithme détecte des zones occupées de petite taille correspondant à des personnes isolées et l'approximation obtenue par la pré-calibration est valide, tandis que lorsque la plage est fortement fréquentée, des zones occupées de grande taille correspondant à des zones de forte densité sont détectées, et l'estimation sous-estime le nombre d'utilisateurs. La pré-calibration n'est pas valide.

L'approche utilisée pour calibrer l'algorithme a consisté à conserver la pré-calibration pour les petites zones occupées et d'ajuster la relation pour les zones occupées de grande taille (voir Figure 4). Le coefficient de la relation (pente de la courbe) augmente progressivement avec la taille de la zone pour atteindre la valeur correspondant à une zone de forte densité (entre 1,5 et 2,5 fois supérieure, voir tableau 1) ajustée à l'aide des mesures de terrains.

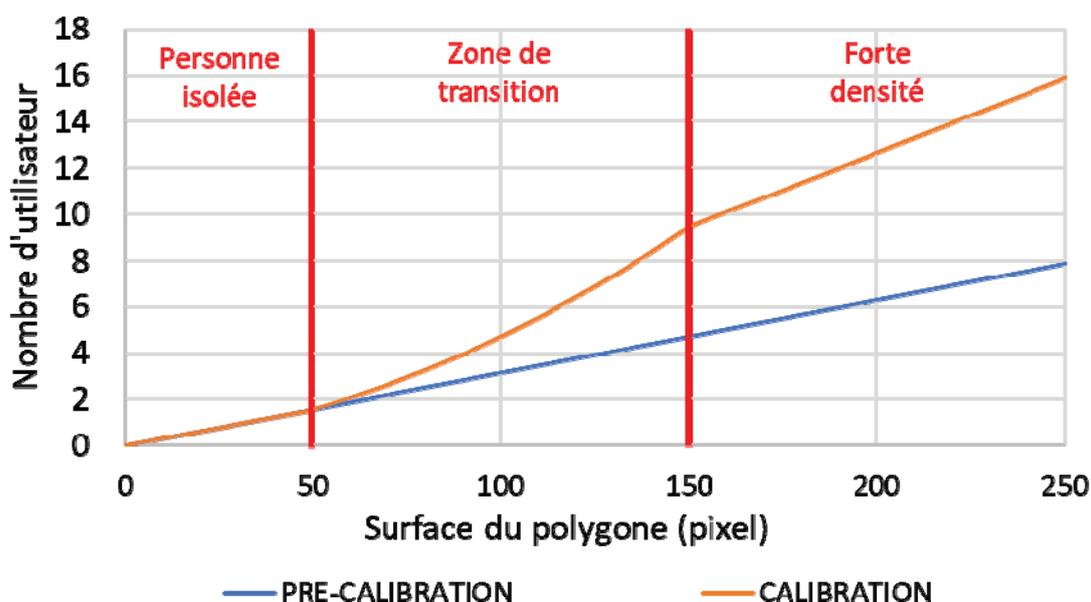


Figure 4. Relations surface du polygone / nombre d'utilisateurs issues de la pré-calibration et de la calibration (Plage de Marinella).

Tableau 1. Coefficients issus de la calibration pour chacune des plages.

<i>Plage</i>	<i>Personne isolée</i>	<i>Haute densité</i>	<i>Plage</i>	<i>Personne isolée</i>	<i>Haute densité</i>
<i>PCA (Sud)</i>	0,0200	0,0500	<i>Petite Madrague</i>	0,0180	0,0360
<i>PCA (Nord)</i>	0,0205	0,0513	<i>Madrague</i>	0,0200	0,0400
<i>Club</i>	0,0260	0,0650	<i>Océan</i>	0,0220	0,0440
<i>Sables d'Or</i>	0,0612	0,1531	<i>Dunes</i>	0,0160	0,0240
<i>Marinella</i>	0,0315	0,0788	<i>Cavaliers</i>	0,0240	0,0360
<i>Corsaires</i>	0,0160	0,0320			

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

L'idée est que lorsque la densité d'utilisateurs est élevée, ils se superposent sur l'image de la caméra. Ainsi, chaque utilisateur occupe en proportion une surface plus faible que s'il était seul sur la plage.

La détection automatisée des utilisateurs hors de la zone d'intérêt (bas de plage et zone de baignade) est rendue impossible par la présence des vagues. L'approche utilisée pour les prendre en compte dans le comptage a été de se servir des mesures de terrain pour définir un rapport (C_m) entre le nombre d'utilisateurs sur la plage et le nombre total d'utilisateurs. Le coefficient C_m augmente lorsque le niveau d'eau diminue : la part d'utilisateurs sur le bas de plage (hors de la zone d'intérêt) est plus importante à marée basse. Il sature pour les niveaux d'eau les plus faibles ($C_m = 1.4$) et pour les plus élevés ($C_m = 1.1$). Le nombre d'utilisateurs total est alors donné par l'équation (1).

$$F_t = C_m \times F_{zi} \quad (1)$$

où : F_t est la fréquentation totale, C_m le coefficient définie grâce aux mesures de terrain et F_{zi} la fréquentation dans la zone d'intérêt.

Les estimations de fréquentation obtenues par l'algorithme sont satisfaisantes avec des erreurs relatives par rapport aux mesures de terrain globalement inférieure à 15% (voir Figure 5).

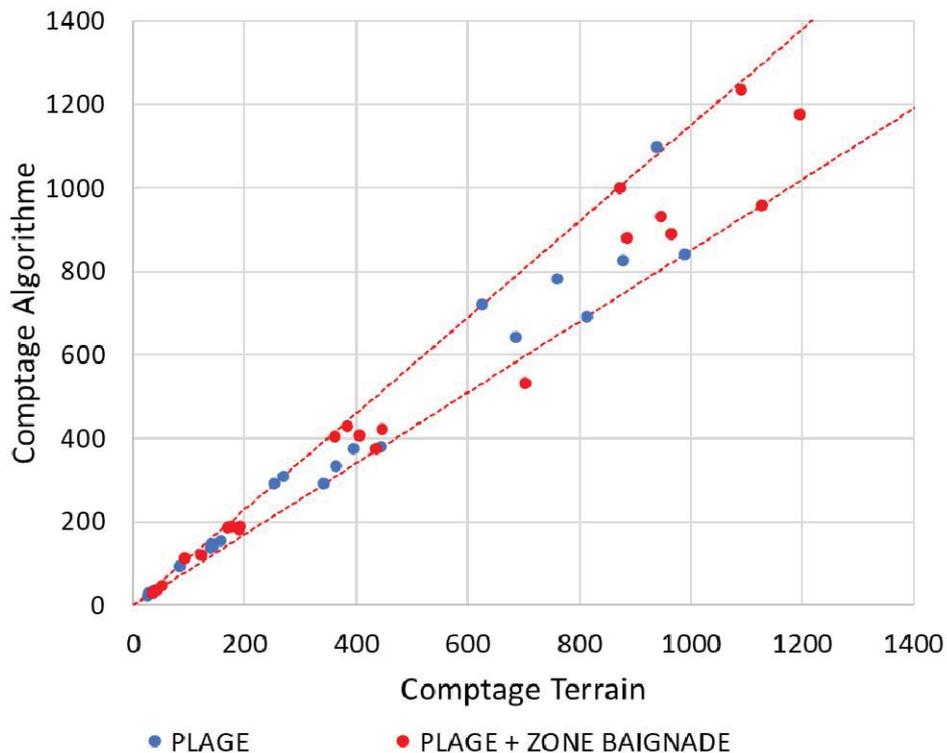


Figure 5. Comparaison de l'estimation de l'algorithme et des mesures de terrain, erreur relative de 15% (pointillés rouge).

4. Résultats du suivi de fréquentation des plages d'Anglet de 2019 à 2023

L'analyse de la fréquentation des plages d'Anglet lors des saisons 2019, 2021, 2022 et 2023 a permis de faire ressortir certaines tendances globales de la répartition spatiale et temporelle des utilisateurs.

4.1 Répartition spatiale des utilisateurs

La répartition spatiale des utilisateurs à l'intérieur de chaque plage n'a que peu évolué entre les années. De manière générale, sur les plages du littoral anglois, les usagers se concentrent sur des espaces limités. Les plus forts taux d'occupation sont en effet enregistrés à proximité des accès et des zones de baignade. Le niveau de saturation est très variable en fonction des plages (Figure 6) : les grandes plages du Nord de la commune sont très peu saturées tandis que celles au Sud, plus étroites le sont davantage.

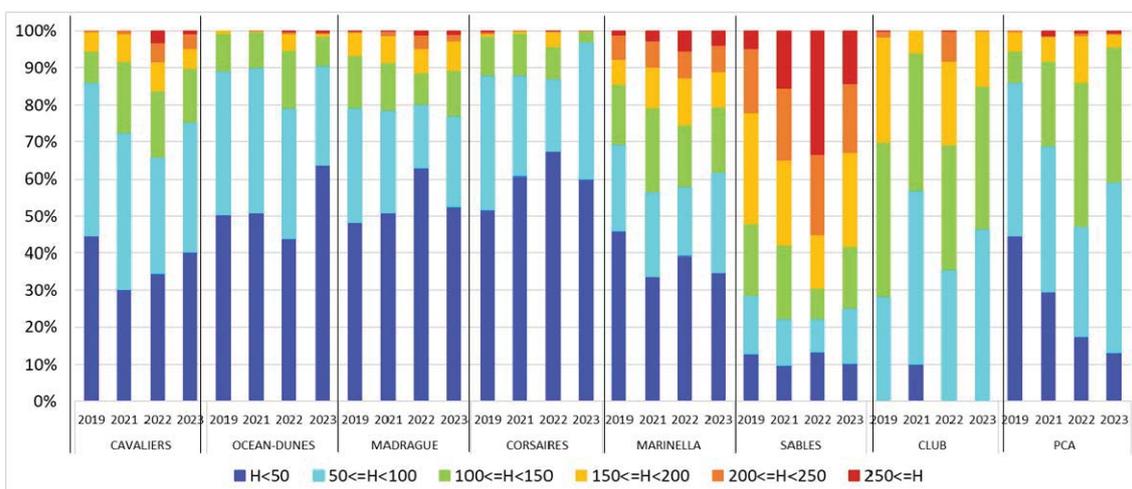


Figure 6. Niveau d'occupation (% de surface) des différentes plages, représenté par un nombre cumulé d'heures d'occupation (H).

La répartition spatiale des utilisateurs entre les différentes plages (Figure 7) est similaire entre les années. Les plages les plus fréquentées sont Sables d'Or et Marinella (environ 20% de la fréquentation totale), suivies de Petite Chambre d'Amour, Madrague et Cavaliers (entre 10 et 15%), puis Corsaires et Océan/Dunes (environ 8%) et pour finir le Club (2%).

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

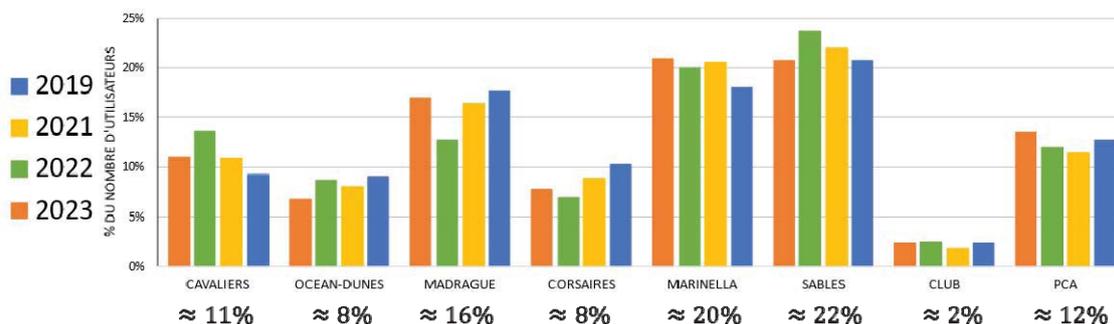


Figure 7. Répartition de la fréquentation entre les différentes plages.

4.2 Répartition temporelle des utilisateurs

L'analyse des données de fréquentation a permis de calculer les distributions mensuelle, journalière et horaire de la fréquentation. A l'échelle mensuelle, les mois de juillet et août sont les plus fréquentés (voir tableau 2). A l'échelle journalière, la fréquentation est plutôt homogène entre les jours de la semaine, les week-ends maximisent les fortes fréquentations mais cette tendance est atténuée par les conditions météorologiques en fonction des années. A l'échelle horaire, la distribution est similaire sur l'ensemble des plages. La fréquentation est minimale à 9h du matin et progresse pour atteindre un pic aux alentours de 16h avant de décroître. Sur les plages de la Petite Chambre d'Amour et des Sables d'Or, un pic secondaire peut apparaître aux alentours de midi.

Tableau 2. Fréquentation moyenne sur l'ensemble des plages d'Anglet d'après l'algorithme de comptage.

	<i>Juin</i>	<i>Juillet</i>	<i>Août</i>	<i>Septembre</i>
<i>Saison 2019</i>		2002	2643	660
<i>Saison 2021</i>	505	1381	2419	743
<i>Saison 2022</i>	621	2102	2235	746
<i>Saison 2023</i>	588	1515	2081	874

Une analyse de variance a été effectuée afin de calculer la part de la variabilité temporelle de la fréquentation expliquée par différents facteurs.

Les conditions météorologiques expliquent environ un tiers de la variabilité totale. La dépendance à la météo est notamment visible sur les mois de juillet où les conditions ont été très différentes d'une année à l'autre et sur le mois de septembre 2023 qui a connu une forte fréquentation.

La fréquentation touristique explique un autre tiers de la variabilité totale. La différence de fréquentation touristique entre les mois juillet/août et juin/septembre se retrouve nettement sur la fréquentation des plages. La hausse de la fréquentation touristique sur les dernières années est visible sur la fréquentation des plages pour les mois de juin et

septembre mais pas pour juillet (trop forte dépendance aux conditions météorologiques) et août (tendance à la baisse).

D'autres facteurs comme la fermeture des plages due à la qualité des eaux de baignade ont été étudiés. Cependant les fermetures sont trop ponctuelles pour ressortir dans cette analyse. Le jour de la semaine explique environ 10% de la variabilité totale. Le reste de la variabilité reste inexpliqué, il peut dépendre des habitudes des utilisateurs locaux (non pris en compte dans la fréquentation touristique).

4. Conclusions

L'installation d'une station vidéo au niveau du phare de Biarritz en 2019 et la calibration d'un algorithme de comptage automatisé grâce à des mesures de terrain, a permis d'acquérir une base de données conséquente de fréquentation horaire des plages d'Anglet.

L'analyse de cette base de données allant de 2019 à 2023 a permis d'appréhender la répartition spatiale des utilisateurs entre les plages et à l'intérieur d'une même plage afin de faire ressortir les zones préférentielles d'occupation et le taux de saturation des plages. L'analyse statistique de la fréquentation montre que la variabilité temporelle de la fréquentation des plages d'Anglet est principalement expliquée par les conditions météorologiques et la fréquentation touristique. Les résultats de cette analyse permettront d'alimenter les politiques locales en matière d'aménagement durable de son littoral.

Sur le point du développement de l'algorithme de comptage, de nouvelles campagnes de mesures de terrain lors de la saison estivale 2024 seraient utiles pour valider ou affiner la qualité des résultats notamment sur la plage des Cavaliers où aucune mesure n'a été effectuée en 2023. Dans le futur, une meilleure qualité des images vidéo pourrait également améliorer la détection automatisée des zones de plage occupées, mais nécessiterait des temps de traitement plus importants ou une augmentation de la puissance de calcul.

5. Références bibliographiques

BALOUIN Y., REY-VALETTE H., PICAND P.A. (2014). *Automatic assesment and analysis of beach attendance using video images at the Lido of Sète beach, France*. Ocean & Coastal Management, Vol. 102, Part A, pp 114-122.

<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.006>

GUILLEN J., GARCIA-OLIVARES A., OJEDA E., OSORIO A., GONZALES R. (2008). *Long-term quantification of beach users using video monitoring*. Journal of Coastal Research, Vol. 24(6), pp 1612-1619. <https://doi.org/10.2112/07-0886.1>

RIHOUEY D., DAILLOUX D. (2015). *Video based assesment of coastal erosion impact on beach attendance. Application to coastal management of Valras beach, France*. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Italia. DOI:10.5150/cmcm.2015.015

Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection