



**HAL**  
open science

# Noyades sur le littoral océanique Girondin : étude rétrospective des conditions de noyade en 2011-2013

Éric Tellier

► **To cite this version:**

Éric Tellier. Noyades sur le littoral océanique Girondin : étude rétrospective des conditions de noyade en 2011-2013. Médecine humaine et pathologie. 2014. dumas-01103389

**HAL Id: dumas-01103389**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01103389>**

Submitted on 14 Jan 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Bordeaux  
U.F.R. DES SCIENCES MÉDICALES

Année 2014

Thèse n°165

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement  
le 17 décembre 2014

Par Éric TELLIER  
né le 28 mars 1984 à Nancy

# Noyades sur le littoral océanique girondin

Étude rétrospective des conditions de noyade  
de 2011 à 2013

Directeur de thèse  
Monsieur le Docteur Bruno Simonnet

Membres du Jury :

Monsieur le Professeur Rachid Salmi ..... Président  
Monsieur le Professeur Frédéric Vargas ..... Rapporteur  
Monsieur le Docteur Philippe Castera ..... Juge  
Monsieur le Docteur Éric Tentillier ..... Juge  
Monsieur le Docteur Bruno Simonnet ..... Directeur



Université de Bordeaux  
U.F.R. DES SCIENCES MÉDICALES

Année 2014

Thèse n°165

Thèse pour l'obtention du  
DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement  
le 17 décembre 2014

Par Éric TELLIER  
né le 28 mars 1984 à Nancy

# Noyades sur le littoral océanique girondin

Étude rétrospective des conditions de noyade  
de 2011 à 2013

Directeur de thèse  
Monsieur le Docteur Bruno Simonnet

Membres du Jury :

Monsieur le Professeur Rachid Salmi ..... Président  
Monsieur le Professeur Frédéric Vargas ..... Rapporteur  
Monsieur le Docteur Philippe Castera ..... Juge  
Monsieur le Docteur Éric Tentillier ..... Juge  
Monsieur le Docteur Bruno Simonnet ..... Directeur

---

Document créé avec L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X le 28 novembre 2014

par

Éric Tellier



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 France.

---

# Remerciements

---

## **Au membre de mon jury :**

**Monsieur le Professeur Rachid Salmi** Vous me faites l'honneur d'accepter la présidence du jury. Je vous en remercie et vous prie de croire en ma profonde estime.

**Monsieur le Professeur Vargas** Vous avez accepté de réaliser le rapport de cette thèse et de siéger au sein du jury. Je vous en remercie et vous prie de trouver ici le témoignage de ma sincère gratitude.

**Monsieur le Docteur Philippe Castera** Vous me faites aujourd'hui l'honneur de juger mon travail en participant à ce jury, je vous remercie pour votre disponibilité et votre bienveillance

**Monsieur le Docteur Éric Tentiller** Je suis particulièrement sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de juger mon travail. Veuillez trouver l'expression de mes sincères remerciements.

**Monsieur le Docteur Bruno Simonnet** Tu as accepté de diriger ce travail, avec un sujet sur lequel je me suis éclaté : je t'en remercie, j'espère pouvoir continuer ainsi.

---

## **À tous ceux qui ont participé à ce travail :**

**Marion Bailhache** pour ce super stage, les discussions passionnantes et pour m’avoir fait changer le paradigme de mon approche statistique. Sans toi ce travail n’aurait pas eu cette saveur. Il me manque une chaîne de Markov quand même :)

**Bruno Castelle** pour l’approche « physique » du problème, pour le matériel illustrant cette thèse et en espérant que notre collaboration porte ses fruits.

**Les Maîtres-Nageurs Sauveteurs de Gironde** en particulier Thierry Village et Vincent Boussignière pour leurs partages d’expérience et pour m’avoir accordé un peu de leur temps.

**Murielle Dupont** pour les données des années précédentes et les précieux renseignements.

**Catherine Pradeaux** pour m’avoir aimablement fourni les données appliSAMU.

**MétéoFrance** pour m’avoir gracieusement transmis les données météorologiques, avec une réactivité décoiffante et un conseil judicieux.

**Le Centre d’Archives Nationales des Données de Houle In Situ (CANDHIS)** pour les données de houle — là aussi, avec beaucoup rapidité .

**Le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM)** pour les données concernant les marées.

« Travail réalisé à partir des prédictions horaires de marées du © SHOM Port de Lacanau - Autorisation n° 296/2014 - Reproduction interdite »



**Linda Lasbeur, INVS** pour m’avoir fournit quelques détails concernant les données de l’enquête NOYADES 2012.

---

## À ma famille :

**Papa, Maman** merci de m'avoir soutenu dans mes choix, car c'est grâce à vous que j'ai pu faire toutes ces études. Promis, j'ai presque fini... ou pas :)

**Florence** pour m'avoir tant encouragé, pour le Chili (mmh, il faudra que j'y retourne, ils ont de belles plages...), pour le goût de la recherche.

**Marion, Vincent** pour la musique et les vidéos qui détendent entre deux séquences de travail, et tout le reste !

**Maylis** merci d'avoir été là pour me sortir la tête de ma thèse :) Merci d'être là.

## À mes amis :

**Christophe** car c'est grâce à toi – ou par ta faute ;) – que mon aventure médicale à commencé.

**Olya, Grégoire D., Julian, John** en souvenir de Lausanne ; vous êtes toujours les bienvenus dans le Sud-Ouest.

**Célia, Claire, Aymeric, John** pour cet externat de folie.

**À mes co-internes** Anne-Laure, Damien, JB, Leïla (P6!!!!!!), Laurence (à quand un concert), « maman » Hélène, Isaure et Meïssa.

**À la DESCMU team 2015** Grégoire, Raphaëlle, Sophie, Thibault, Jennifer, Juliane *alias*  $\chi^2$ , Lise, Florent, Jean-Baptiste, Xabi, Justine, Élodie.

**À mes co-internes de pédiatrie** Émilie, Marion, Noémie, Nicolas, Marine, Jeanne (+ le demi-Malo), Juliane (*alias*  $\chi^2$ , toujours), Jennifer, Abi et Céline pour m'avoir supporté et arrangé afin de finir ce travail. « Marteau » et « pingouin » ; je vous aime, punaise !

**Un remerciement à la grande famille du Libre** pour la mise à disposition d'outils sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé : GNU/Linux, TexStudio, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, JabRef, R et Rstudio, Gimp, Inkscape et pleins d'autres encore...



# Table des matières

---

<b>Préambule</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>2</b>
1.1 Épidémiologie nationale . . . . .	4
1.2 Particularités maritimes . . . . .	5
1.3 Cas de la Gironde . . . . .	7
1.4 Littoral océanique . . . . .	7
1.4.1 État de la mer . . . . .	8
1.4.2 Marée . . . . .	10
1.4.3 Baïnes et courant d'arrachement . . . . .	10
1.4.4 Vagues de bord . . . . .	13
1.4.5 Conditions météorologiques . . . . .	15
1.5 Organisation des secours . . . . .	16
1.6 L'expérience des secouristes . . . . .	16
1.6.1 Épidémiologie . . . . .	17
1.6.2 Conditions maritimes . . . . .	17
1.6.3 Prévention . . . . .	17
1.7 Objectifs de l'étude . . . . .	20
<b>2 Méthode</b>	<b>21</b>
2.1 Recueil des données . . . . .	21
2.1.1 Appels . . . . .	21
2.1.2 Marées . . . . .	22
2.1.3 Houle . . . . .	22
2.1.4 Météorologie . . . . .	22
2.2 Données étudiées . . . . .	22

---

2.2.1	Variables individuelles . . . . .	22
2.2.2	Variables environnementales . . . . .	23
2.2.3	Données calculées . . . . .	23
2.3	Analyse statistique . . . . .	25
2.3.1	Caractérisation de la population . . . . .	25
2.3.2	Comparaison des appels . . . . .	25
2.3.3	Probabilité qu'un appel soit consécutif d'une noyade . . . . .	25
2.4	Identification des jours à risque . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Résultats</b>	<b>29</b>
3.1	Caractéristiques de la population de noyés . . . . .	30
3.2	Comparaison avec l'étude NOYADES . . . . .	31
3.3	Comparaison avec les autres appels . . . . .	32
3.3.1	Analyse univariée . . . . .	32
3.3.2	Régression logistique multivariée . . . . .	37
3.4	Jours à risque . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Discussion</b>	<b>41</b>
4.1	Méthodologie . . . . .	41
4.2	Population de noyés . . . . .	41
4.2.1	Comparaison avec l'étude NOYADES 2012 . . . . .	41
4.2.2	Gravité des noyades . . . . .	42
4.2.3	Sexe ratio . . . . .	42
4.3	Paramètres environnementaux . . . . .	42
4.3.1	Conditions de marée . . . . .	42
4.3.2	Conditions de houle . . . . .	43
4.3.3	Conditions météorologiques . . . . .	44
4.3.4	Lieu . . . . .	46
4.3.5	Surveillance . . . . .	46
4.4	Jours à risque . . . . .	47
	<b>Conclusion</b>	<b>49</b>
	<b>A Prévention</b>	<b>53</b>

# Table des figures

---

1.1	Algorithme de classification des noyades selon Szpilman . . . . .	3
1.2	Répartition des noyades en France selon le lieu . . . . .	5
1.3	Répartition des noyades en France . . . . .	6
1.4	Carte du littoral Girondin et répartition selon le facteur d'influence des conditions sur la côte . . . . .	9
1.5	Coupe transverse d'une plage à double barre . . . . .	11
1.6	Schématisation d'une baie vue de dessus. . . . .	11
1.7	Illustrations photographiques des baïnes . . . . .	12
1.8	Évolution de la bathymétrie en fonction des conditions de houles	14
1.9	Dispositifs de communication sur les plages . . . . .	18
1.10	Dispositifs de communication sur les plages (2) . . . . .	19
1.11	Dispositifs de communication sur les plages (3) . . . . .	19
3.1	Diagramme de flux . . . . .	29
3.2	Répartition des noyés selon le stade de gravité et la tranche d'âge .	31
3.3	Distribution des appels en fonction de l'heure de marée . . . . .	32
3.4	Distribution des appels en fonction de l'heure de la journée . . .	33
3.5	Distribution des appels en fonction du facteur de vague . . . . .	33
3.6	Distribution des appels en fonction de la direction de la houle . .	34
4.1	Marnage en fonction de l'heure de basse mer . . . . .	44
4.2	Variation du risque de noyade en fonction du marnage selon l'ho- raire de marée . . . . .	45
4.3	Angle de la côte girondine . . . . .	46
4.4	Courbe ROC du modèle en régression logistique déterminant la probabilité qu'une noyade ait lieu un jour donné . . . . .	48

# Liste des tableaux

---

1.1	Classification de Menezes et Costa . . . . .	3
1.2	Mortalité selon la classification de Szpilman et corrélation avec la classification de Menezes et Costa . . . . .	4
3.1	Effectifs de noyés selon le stade de gravité . . . . .	30
3.2	Effectif des noyés selon l'âge, comparaison avec l'étude INVS 2012	31
3.3	Résultats en analyse univariée . . . . .	35
3.4	Analyse univariée de l'influence de l'heure de marée . . . . .	36
3.5	Analyse multivariée en régression logistique des variables influençant la noyade . . . . .	38
3.6	Analyse en régression logistique des paramètres déterminant les jours ayant eu au moins un noyé en Gironde . . . . .	40

# Préambule

---

Selon l’OMS, la noyade est définie par l’expérience d’une détresse respiratoire secondaire à une submersion ou une immersion dans un liquide [1]. Le terme de noyade inclut *stricto sensu* un décès, mais pour l’ensemble de ce document, nous utiliserons la définition de l’OMS, incluant donc les cas non fatals.

# CHAPITRE 1

## Introduction

---

La noyade, telle que nous l'avons définie, est le résultat de facteurs personnels et environnementaux. Elle est la troisième cause de décès non intentionnel dans le monde, représentant 7% de ceux-ci. Le nombre de noyades recensées dans le monde en 2004 s'élève à 388 000.

Les facteurs de risques relevés au niveau mondial sont l'âge — enfant — et le sexe masculin. La répartition géographique est très hétérogène avec 96% des décès par noyade survenant dans les pays émergents. Du fait d'un âge médian de 14 ans, cela a un impact fort en terme de santé publique [2].

La localisation des noyades — océaniques, piscine, eau douce — varie fortement d'un pays à l'autre, et est fonction du niveau de vie du pays [3–5]. Dans les pays riches, l'exposition est moins importante et est surtout dans le cadre des loisirs ; la piscine individuelle représente la cause principale de noyade chez l'enfant.

En France, tous les trois ans, l'Institut Nationale de Veille Sanitaire (INVS) effectue une enquête nationale sur les noyades entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre [6]. Seules les noyades ayant nécessité une hospitalisation ou ayant entraîné un décès sont recensées.

Les noyades sont catégorisées habituellement, et dans l'étude de l'INVS, selon la classification de Menezes et Costa présentée au tableau 1.1. Cependant Szpilman a mis au point une classification présentée figure 1.1, mieux corrélée à la mortalité et plus discriminante pour la conduite à tenir [7–9].

La rapidité du phénomène de noyade — quelques minutes — nécessite une intervention précoce des secours et en amont, des moyens de prévention importants [4, 8, 10]. L'atteinte est initialement pulmonaire par inhalation d'eau, même en faible quantité [11]. Cependant beaucoup de détresses respiratoires consécutives à la noyade sont rapidement résolutive et cela suggère une possible

interaction hémodynamique [12]. Parmi les facteurs constitutifs de noyade, le syndrome du QT long congénital peut entraîner la mort par contact avec l'eau [13].

L'hypothermie est souvent évoquée comme facteur favorisant la noyade, par fatigue [14, 15], ou comme facteur neuro-protecteur. Cependant l'hypothermie à l'arrivée des secours est un facteur pronostique difficile à estimer et les études divergent [16, 17]. Dans des cas de noyades prolongées supérieures à 30 minutes, la récupération neurologique complète est probablement la conséquence de la protection cérébrale.

TABLEAU 1.1 – Classification de Menezes et Costa

Stade	Dénomination	Définition
I	aquastress	Sujet conscient, respiration efficace, pas d'inhalation, stress, tremblements
II	petit hypoxique	Sujet conscient, pas de trouble hémodynamique, encombrement pulmonaire, cyanose, hypothermie
III	grand hypoxique	Sujet obnubilé ou comateux, défaillance respiratoire
IV	anoxique	Arrêt cardio-respiratoire, coma

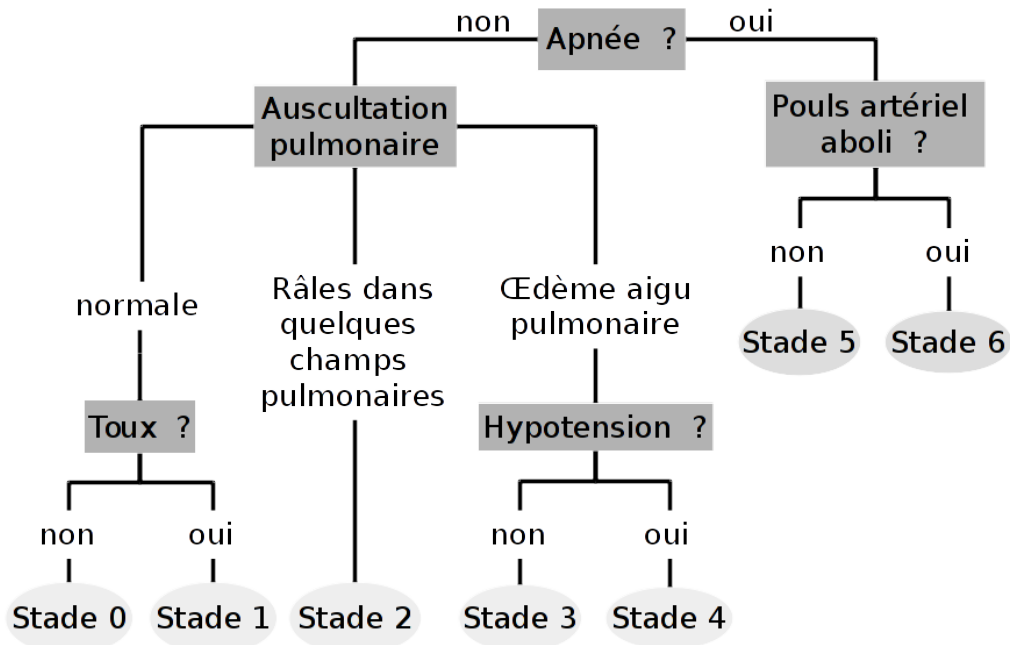


FIGURE 1.1 – Algorithme de classification des noyades selon Szpilman

En dehors des cas d’urgences dépassées — durée de submersion supérieure à une heure, rigidité, etc. — la mortalité du stade 6 est de 88 à 93%. Le tableau 1.2 énumère les taux de mortalité et la correspondance que l’on peut établir avec la classification précédente. Le stade « aquastress » n’est pas utilisé, car ce n’est pas une situation de noyade : il n’y a pas eu d’inhalation. Cependant Szpilman utilise le terme *rescue*, « sauvetage » pour cette catégorie de personnes et l’a inclus dans son algorithme. L’absence de toux les fait rentrer dans cette catégorie.

TABLEAU 1.2 – Mortalité selon la classification de Szpilman et corrélation avec la classification de Menezes et Costa

Stade (Szpilman)	Taux de mortalité	Stade (Menezes et Costa)
1	0%	II
2	1%	II
3	4-5%	III
4	18-24%	III
5	31-44%	IV
6	88-93%	IV

Les cas de noyades multiples ne sont pas négligeables. Sont inclus dans cette catégorie les cas des noyades de secouristes [18], qui surviennent en l’absence de formation adéquate ou de moyen adapté aux conditions d’exercice. Les cas de noyade de groupes entiers de nageurs sont rares mais existent, en particulier en présence de courants forts, comme c’est parfois le cas en Gironde. L’absence de surveillance est également un facteur favorisant : à la victime se rajoute le sauveteur non expérimenté [19].

## 1.1 Épidémiologie nationale

L’INVS a réalisé une enquête nationale sur les noyades entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre 2012. Celle-ci a recensé 1 453 noyades suivies d’une hospitalisation ou d’un décès. La distribution était la suivante :

- 1 235 noyades accidentelles – 85 % de l’ensemble des noyades ;



- 186 noyades intentionnelles – suicide, tentative de suicide ou agression, 13 % ;
- 32 noyades d'origine non connue – 2 %.

Le taux de mortalité atteint 46 %. Les décès sont répartis de la manière suivante :

- 492 décès par noyade accidentelle – 74,7 % de l'ensemble des décès ;
- 141 décès par noyade intentionnelle – 21,4 % ;
- 25 décès par noyade d'origine non connue – 3,7 %.

Les lieux de noyades sont répartis selon la figure 1.2. Le lieu le plus fréquent est la mer dans la bande des 300 mètres, représentant 46,7% des noyades.

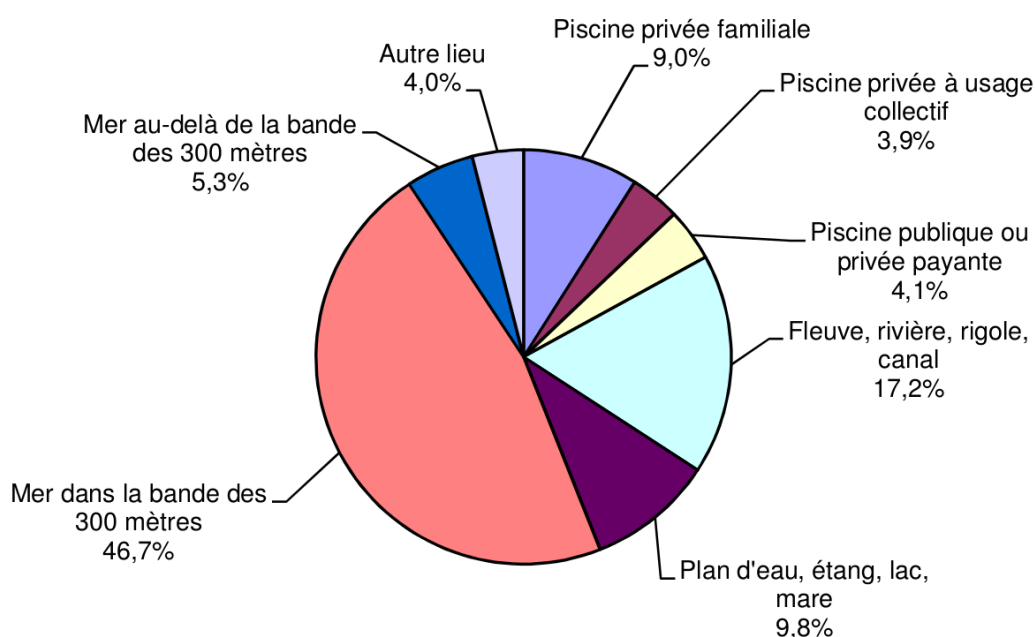


FIGURE 1.2 – Répartition des noyades en France selon le lieu, *d'après l'enquête INVS NOYADES 2012*

## 1.2 Particularités maritimes

Les noyades en milieu maritime sont divisées en deux catégories, selon qu'elles surviennent ou non à moins de 300 m de la côte. La limite arbitraire des 300 mètres permet de distinguer des nosologies différentes, à savoir les activités côtières, plus souvent liées aux loisirs — baignade, surf... — des activités maritimes — voile, pêche...

Parmi les 1 235 noyades accidentelles, 642 (51,9 %) ont eu lieu en mer dont 576 (46,5 %) dans la bande des 300 mètres.

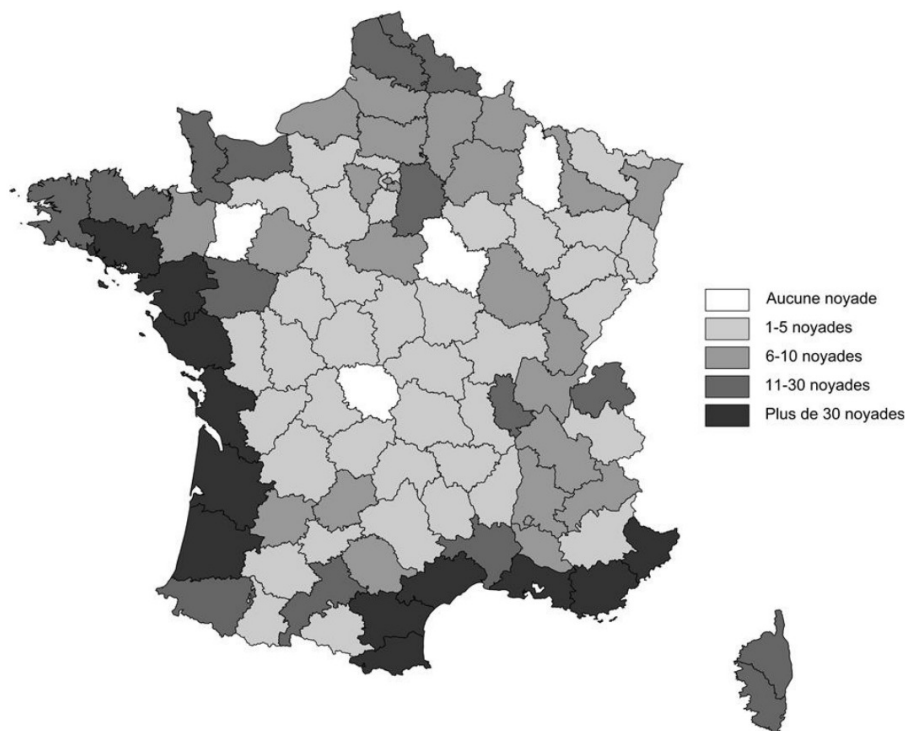


FIGURE 1.3 – Répartition des noyades selon les régions. *D'après l'enquête INVS NOYADES 2012*

Parmi les victimes en mer, les plus de 45 ans représentent 54% des décès.

En mer, 28% des noyés avaient moins de 25 ans et 31% avaient plus de 65 ans. Trois régions maritimes ont concentré 42 % des noyades et 34 % des 497 décès :

- Provence-Alpes-Côte d'Azur : 193 noyades (16 % du total), dont 66 décès (13 % du total) ;
- Languedoc-Roussillon : 177 noyades (14 %), dont 52 décès (10 %) ;
- Aquitaine : 144 noyades (12 %), dont 49 décès (10 %).

En Gironde, l'INVS a recensé, en 2012, 43 noyades en mer dont 11 suivies de décès dans la bande des 300 mètres.

Les noyades en mer n'ont pas été étudiées dans le détail par l'enquête de l'INVS et seule la température de l'air est prise en compte pour expliquer les variations entre les années et au cours de la saison. Toutefois, en dehors de l'effet de seuil (en-deçà d'une température il y a peu de noyade), il n'y a pas de corrélation, au contraire des noyades en piscine. Le rapport conclut ainsi que la température et

la saisonnalité ne sont pas les seuls facteurs influant sur le nombre de noyades en mer.

### **1.3 Cas de la Gironde**

La côte océanique girondine est un cas particulier. L'étude réalisée en 1995 par la Direction Générale de la Santé a noté 609 cas de noyades dues aux baignes, représentant 84% des noyades recensées. 96% de ces noyades sont de stade 1 (aquastress), avec une prédominance masculine (65%) et une activité de baignade dans 88% des cas [20].

En 2002, l'étude de l'INVS retrouve 65% de noyades dues aux baignes en Aquitaine.

L'Aquitaine, en particulier la Gironde, a la particularité de présenter un nombre important de noyades mais un taux de décès faible — moins de 1%. Cependant, elle implique un dispositif de surveillance important [21]. On constate que l'étude 2003, qui ne concernait que les secours organisés, recensait 124 noyades en Aquitaine, contre 2 031 en 2002. L'immense majorité est donc gérée par les secours de plage, sans conséquence sur les moyens de secours extérieurs — sapeurs pompiers et SAMU/SMUR.

La façade océanique est importante et le milieu côtier se répartit en deux zones ayant chacune leurs dangers : la côte exposée directement à la houle océanique et le bassin d'Arcachon.

### **1.4 Littoral océanique**

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés à la côte océanique. Plus particulièrement, nous nous sommes concentrés sur la côte soumise à la houle, présentée figure 1.4.

Le bassin d'Arcachon est essentiellement soumis à la marée et représente un risque moindre, étant donné que le danger varie peu d'une marée à l'autre. D'autre part les zones de baignades sont peu dangereuses. L'envasement à la montée de la marée est un danger particulier à cet environnement.

L'estuaire de la Gironde n'est pas une zone de baignade et les cas de noyades recensés sont pour la quasi-totalité des suicides ou des chutes accidentelles.

Afin d'identifier le risque de noyade, il est nécessaire de comprendre les phénomènes côtiers rencontrés sur le littoral girondin. Les conditions de baignade peuvent être définies par la présence de vagues, reflétée par l'état de la mer, la marée, la force du vent, les températures de l'eau et de l'air et la présence de courants.

### 1.4.1 État de la mer

L'état de la mer est la description de la surface de la mer soumise à l'influence du vent, et correspond à la hauteur des vagues observées. Celle-ci est le résultat de la combinaison entre la houle, générée par les vents du large, et le vent local.

L'Organisation Météorologique Mondiale [22] a adopté l'échelle de Douglas. Celle-ci varie de 0 — mer calme, amplitude nulle — à 9 — énorme, hauteur supérieure à 14 m. Cependant ce modèle est peu contributif dans le cas des conditions régnant sur la plage, car d'autres paramètres entrent en compte, nécessitant une approche plus détaillée des vagues.

La houle se décrit par la direction des vagues, leur amplitude et leur période moyenne — temps séparant deux vagues en un point fixe. Dans le golfe de Gascogne, la houle varie globalement selon deux saisons, estivales et hivernales. La saison estivale d'avril à septembre présente de faibles amplitudes et des périodes courtes. La houle hivernale présente quant à elle de grandes amplitudes et des périodes longues. En Gironde, la houle provient des secteurs ouest et nord-ouest majoritairement [23].

La façade océanique girondine offre peu d'aspérité et les vagues formées par les vents d'ouest et la houle du large ne sont pas diffractées, sauf dans le bassin d'Arcachon. Les vagues de bord — shore break — sont présentes même pour un état de mer belle ou peu agitée — 1 ou 2 sur l'échelle de Douglas. Même en l'absence de vent local, la houle peut engendrer des vagues importantes sur la côte et explique que le danger peut être présent lorsque le temps est favorable à la baignade.

Les vagues mesurées sont le résultat d'une combinaison de plusieurs paramètres et sont décrites non seulement par la hauteur, la direction et la période moyenne, mais aussi par un spectre pouvant impliquer quatre composantes avec chacune leurs caractéristiques de hauteur, période, etc. Nous ne rentrerons pas dans le détail physique et nous nous contenterons des principaux paramètres de description de la houle, à savoir :

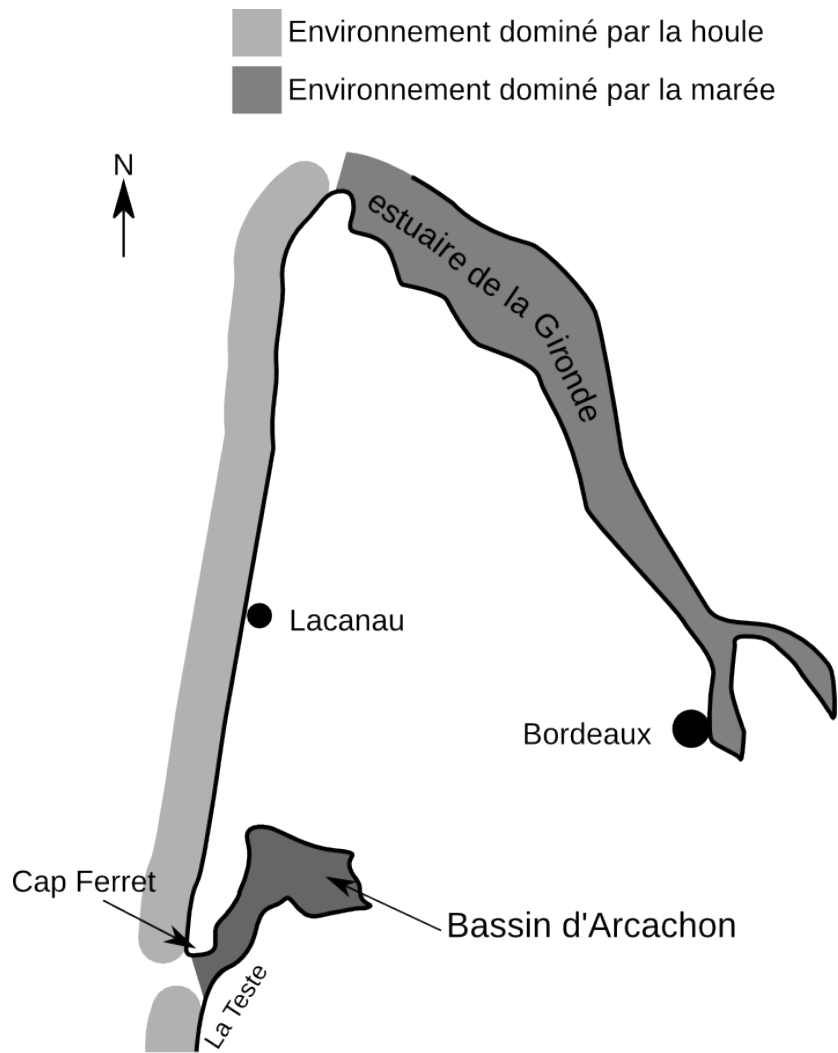


FIGURE 1.4 – Carte du littoral Girondin et répartition selon le facteur d’influence des conditions sur la côte — marée ou houle. La zone étudiée est la partie de côte dominée par la houle. *D’après B. Castelle ; OpenStreetMap pour les données géographiques.*

- $H_s$  (m) : la hauteur significative des vagues ;
- $T_p$  (s) : la période de la houle, i.e. le temps écoulé entre deux vagues par rapport à un point fixe ;
- $\theta_h$  ( $^\circ$ ) : la direction de la houle mesurée par rapport au nord géographique.

Les caractéristiques de hauteur et période sont synthétisées par le facteur de vague, noté  $W_f$ , produit des deux variables (éq. 1).

$$W_f = H_s \cdot T_p \quad (1)$$

Les changements de conditions mesurés sur les côtes se feront d'abord sur la période des vagues puis sur la hauteur. En cas de tempête au large, on verra d'abord la période augmenter puis la hauteur des vagues s'accroîtra plusieurs heures voire plusieurs jours plus tard. Cela peut représenter un piège car la période des vagues est une donnée moins visible que la hauteur.

### 1.4.2 Marée

Sur les côtes françaises, la marée est semi-diurne avec un cycle moyen de 12h25. Il y a ainsi deux pleines mers et deux basses mers par jour. Sur la côte ouest, l'onde de marée provient du sud-ouest et remonte vers le nord. Elle arrive à peu près en même temps sur l'ensemble de la côte ouest [24]. Le marnage est défini par l'amplitude de la marée, soit la différence entre la hauteur de basse mer et la hauteur de haute mer.

L'attraction de la Lune et du Soleil provoque également des déplacements horizontaux des masses d'eau, engendrant des courants de marées. Ceux-ci sont très importants au niveau de l'estuaire de la Gironde —  $2,5 \text{ m.s}^{-1}$  — et dans le bassin d'Arcachon, mais faibles par ailleurs.

### 1.4.3 Baïnes et courant d'arrachement

La baïne, mot issu du gascon, est une dépression temporaire, ressemblant à une mare, formée entre un banc de sable et la côte. Elle sont fréquentes sur le littoral Aquitain, et en particulier girondin. Ce type de formation se nomme également bache en Bretagne et sillon de plage ou sillon pré-littoral ailleurs.

Les baïnes se forment sur les plages de sables fins à dénivelée faible soumises à une forte houle et une forte marée. La houle déplace le sable parallèlement à

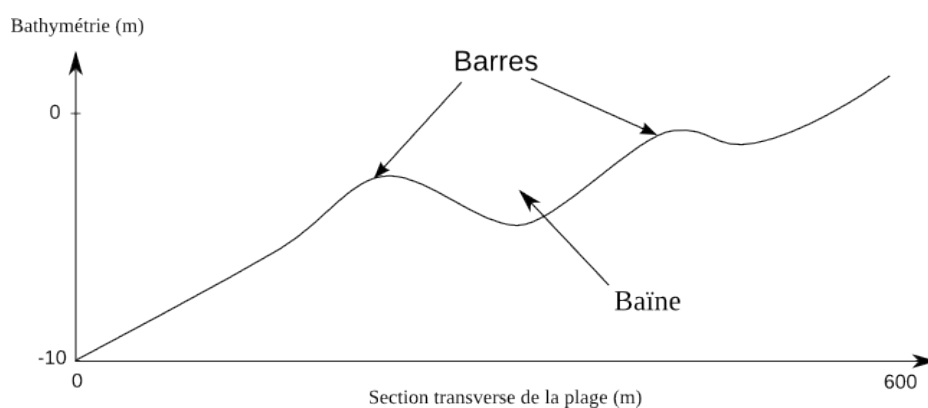


FIGURE 1.5 – Coupe transverse d’une plage à double barre au niveau d’une baïne, d’après N. Bruneau.

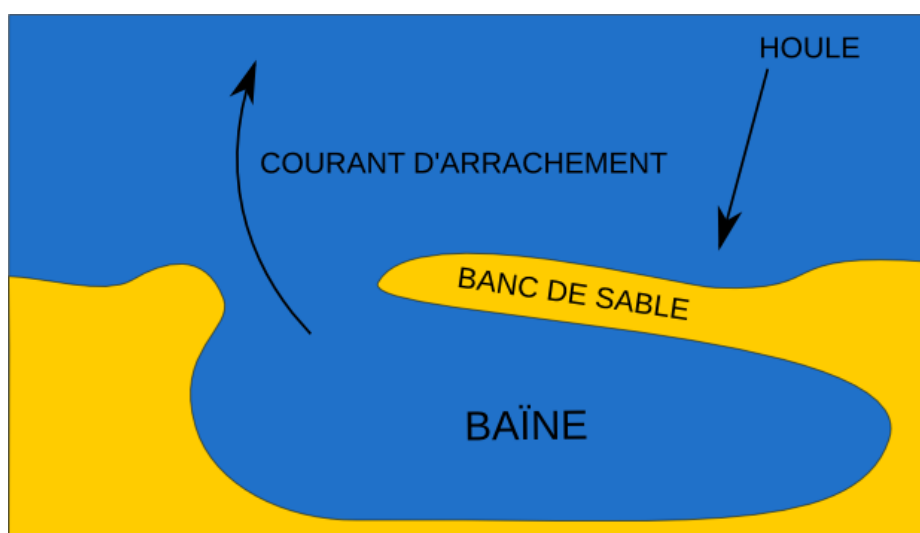


FIGURE 1.6 – Schématisation d’une baïne vue de dessus.

la plage par dérive littorale, et, interférant avec les courants perpendiculaires à la plage, emporte le sable vers le large. Vues de haut, elles forment des croissants le long de la côte (fig. 1.7 – bas).

Ce type de plage est dite « à double barre ». La baïne est le creux entre les deux barres. Le profil de la plage et une vue de baïne du dessus sont schématisés respectivement figures 1.5 et 1.6.

Le courant d’arrachement est illustré figure 1.7 – haut. Il se forme lorsque la mer recouvre le banc de sable. Cela provoque une vidange de la baïne, entraînant vers le large de grands volumes d’eau et de sable. Le phénomène se retrouve particulièrement à la 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> heure de la marée montante et 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> heure de la marée descendante, mais sa durée varie en fonction du marnage [25].

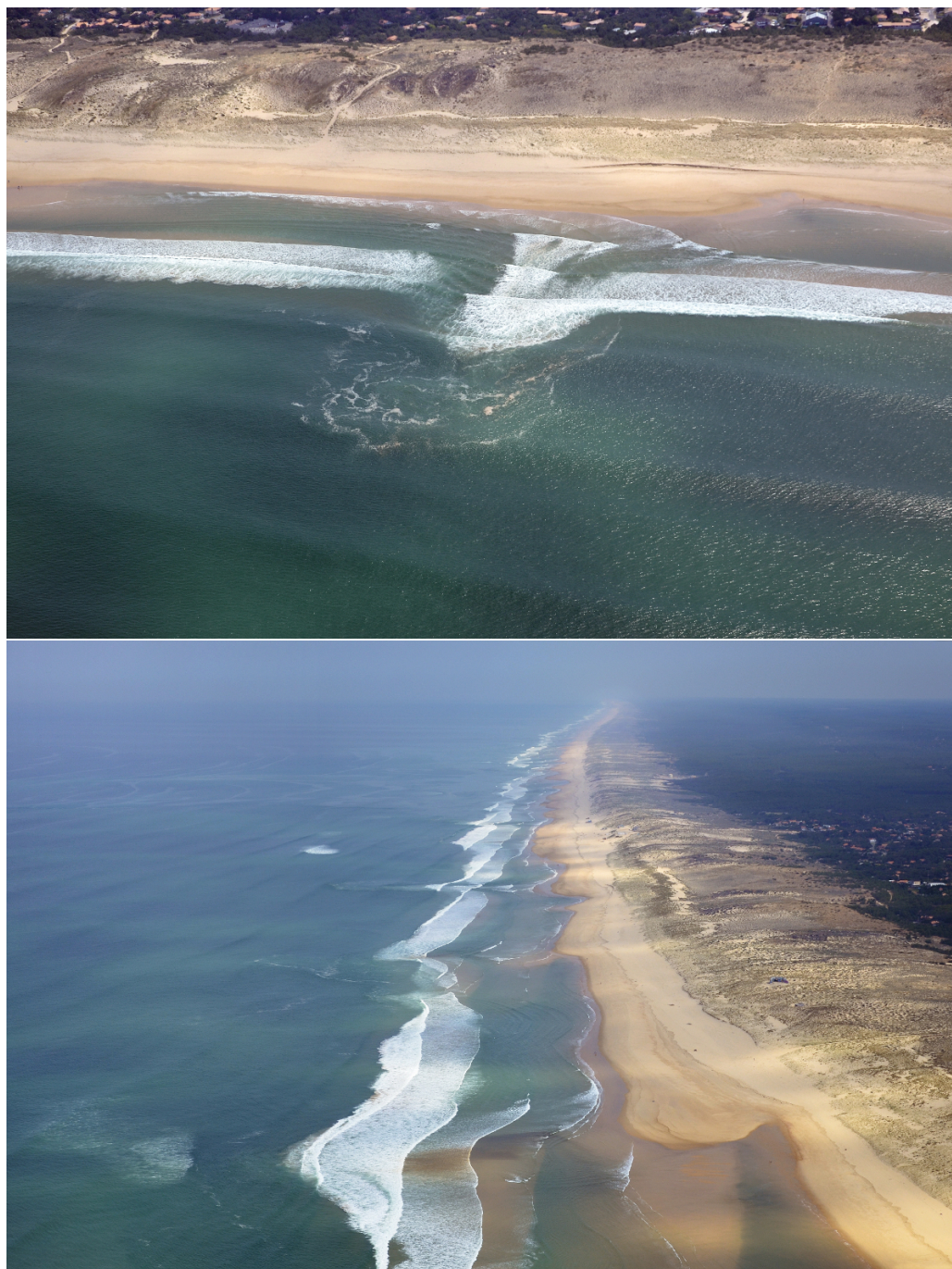


FIGURE 1.7 – Haut : baie (sur la gauche) et le courant d'arrachement bien visible au centre de la photo. Bas : visualisation des croissants formés par les baïnes. *Crédit photo : Y. Lavigne, Methys UMR CNRS EPOC.*



Le danger est qu'un nageur se fasse emporter par un tel courant, l'emmenant au large sans possibilité de nager à contre-courant. Un moyen d'en sortir seul est de se laisser porter, en nageant parallèlement à la côte pour sortir du courant, puis revenir vers celle-ci. Cependant l'épuisement physique peut alors devenir un risque de noyade. D'autre part, il a été montré que le courant emporte le baigneur à parfois plus de 200 m de la côte. L'extraction d'un tel courant nécessite l'intervention d'une équipe de secouristes.

Bruno Castelle et son équipe [26, 27] ont étudié la formation des baïnes sur la plage du Truc Vert sur la commune de Lège-Cap Ferret. Il a été montré que la force du courant d'arrachement induit ne dépend que des paramètres suivants :

- la bathymétrie – i.e. le profil de la plage ;
- les caractéristiques de houle au large, cf. section 1.4.1 ;
- la hauteur du plan d'eau – variant en fonction de la marée.

Ainsi, une houle longue et frontale favorise l'apparition d'un courant de baïne intense. La bathymétrie est influencée par les conditions de houle des semaines précédentes, comme présenté figure 1.8.

Scott *et coll.* ont étudié le taux d'incidents relatifs aux courants d'arrachement sur la côte ouest de l'Angleterre [28]. Ils ont pu isoler les incidents liés aux baïnes grâce au recueil des secouristes de 2006 à 2010 et ont identifié les paramètres marins caractérisant ceux-ci, à savoir un facteur de vague légèrement en-dessous de la moyenne et une hauteur de marée basse autour de la moyenne. Cependant les résultats sont particuliers à ces plages, qui sont de nature différente des plages girondines et subissent un régime de houle plus constant dans l'année. Ils ont également mesuré un flux de courant proportionnel au facteur de vague.

### 1.4.4 Vagues de bord

Les brisants des vagues, ou *shore break* correspondent au déferlement de la vague, quand elle se casse en s'approchant du bord. Ces vagues sont très présentes sur la côte girondine, à l'exception des zones du bassin d'Arcachon, à l'est du Pyla. Elles sont à l'origine de traumatismes cervicaux, de luxation d'épaule et, plus rarement, de noyades. Les atteintes les plus fréquentes sont situées au rachis et aux épaules. Cela justifie de considérer tout noyé comme un traumatisé du rachis jusqu'à preuve du contraire.

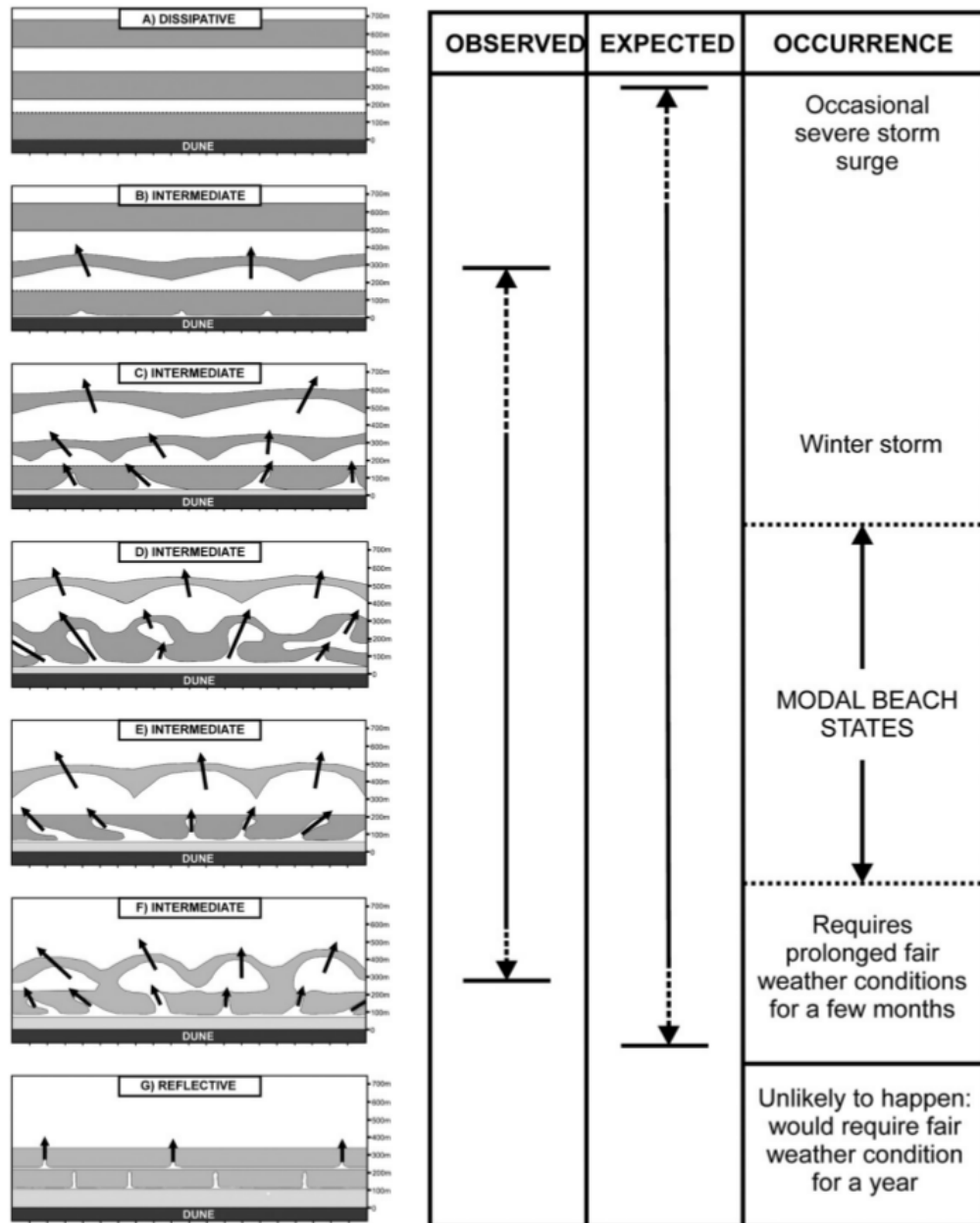


FIGURE 1.8 – Évolution de la bathymétrie en fonction des conditions de houles. Les baines prédominent aux stades intermédiaires D et E. Les tempêtes hivernales créent les profils C et B. Les cas F et G requièrent des conditions favorables pendant plusieurs mois. *Illustration de B. Castelle*

## **1.4.5 Conditions météorologiques**

### **1.4.5.1 Eau**

La noyade dépend des conditions physiques de l'être humain et de sa capacité à nager. Celle-ci est fortement influencée par la température de l'eau. Ainsi la température de l'eau est classiquement décrite comme un facteur prépondérant dans la noyade. En dehors des noyades en eau glacée (inférieure à 5°C), il n'a pas été constaté de bénéfice d'une hypothermie. La survie et le pronostic des noyades ne sont pas influencés par la température de l'eau [29].

### **1.4.5.2 Air**

La température de l'air ne représente pas un facteur de noyade en soi, mais peut être corrélée à une plus forte exposition, par simple augmentation de la fréquentation des plages, comme il a été montré dans l'étude NOYADES de l'INVS dans le cas des noyades en piscine.

### **1.4.5.3 Ensoleillement**

Le nombre d'heure de soleil journalier est fortement corrélé à la fréquentation des plages, mais ne permet pas d'expliquer les cas de noyades en Gironde [30]. L'ensoleillement est lié à la nébulosité sur la journée.

### **1.4.5.4 Nébulosité**

La nébulosité représente la part de ciel couvert à un instant donné. Elle se mesure en huitième. Une nébulosité égale à 8/8 représente un ciel couvert tandis qu'une nébulosité de 0 ou 1/8 correspond à un ciel parfaitement dégagé.

### **1.4.5.5 Vent**

Le vent est caractérisé par sa force et sa direction et par la présence de rafales. S'il n'influe pas *a priori* directement sur la fréquentation des plages, il est relié aux vagues générées localement.

## 1.5 Organisation des secours

La surveillance des zones de baignades surveillées est assurée par les maîtres nageurs sauveteurs — MNS — qui sont recrutés parmi divers organismes :

- Compagnies Républicaines de Sécurité – CRS ;
- Corps des Sapeurs-Pompiers
- Société Nationale des Sauveteurs en Mer
- associations – Croix Rouge, Sécurité Civile, ...

La surveillance est organisée durant la saison estivale. Elle est continue du 1<sup>er</sup> juillet au 31 août sur l'ensemble de la côte girondine. Hors saison, le dispositif varie selon les communes : la surveillance commence mi-juin et s'étend parfois aux week-ends de mai sur les plages très fréquentées — Lacanau, Hourtin, Carcans. Généralement elle s'achève au premier ou deuxième week-end de septembre. Les horaires de surveillance sont également variables selon les sites, mais se situent tous entre 11 heures et 19 heures. Les postes de secours accueillent les MNS et le matériel nécessaire aux premiers secours. Une zone réservée pour l'accueil d'un hélicoptère est située à proximité. Les postes sont reliés par radio entre eux, avec le CROSS ETEL et avec l'hélicoptère dédié aux plages.

Un hélicoptère — Dragon 33 — est disponible toute l'année et médicalisée par le SMUR de Bordeaux. L'été, l'organisation s'adapte à l'afflux sur les côtes :

- l'équipe médicale hélicoptérée du SMUR de Bordeaux est basée à Lacanau ;
- la couverture hélicoptérée du Porge à Biscarrosse est assurée par la Gendarmerie. L'hélicoptère est stationné à Cazaux et médicalisé par le SMUR d'Arcachon.

## 1.6 L'expérience des secouristes

Après avoir étudié le modèle théorique et les données de la littérature, nous sommes allés à la rencontre des Maîtres-Nageurs Sauveteurs — MNS— durant la saison 2014<sup>1</sup>.

---

1. Les propos sont un résumé des retranscriptions faites lors des entrevues et ne prétendent pas refléter l'ensemble des propos des personnes interrogées.

### **1.6.1 Épidémiologie**

Les MNS insistent sur la condition physique et rapportent plus d'incidents graves avec les nageurs de plus de 40 ans. Cependant, pour eux la majorité des noyés a entre 25 et 35 ans, avec une nette prédominance masculine.

Les malaises d'origine cardiaque expliquent, selon eux, la plupart des décès.

En ce qui concerne l'origine des noyés, il n'y a pas de différence entre les Girondins et les extra-départementaux. Ces derniers prennent généralement moins de risque. Les MNS rapportent une grande méconnaissance du risque de la part des touristes mais aussi des locaux. À cela s'ajoute parfois aussi une ignorance des avertissements et/ou de la réglementation.

Les noyades du littoral ne concernent pas, selon les MNS, les personnes ne sachant pas nager, celles-ci ne s'exposant pas au danger.

### **1.6.2 Conditions maritimes**

Le choix des drapeaux — vert, jaune et rouge — est fait de manière empirique, en prenant en compte en particulier la température de l'eau et l'état de la mer. Il n'y a pas de critère formel et il en ressort que la mer est parfois « traître » avec des conditions dangereuses alors que la houle est petite — 60-80 cm. Le drapeau vert est rarement hissé, uniquement pour une « mer d'huile », ce qui arrive généralement moins de cinq fois lors d'une saison.

L'expérience de terrain est corrélée aux données issues des études menées en 2003 et les noyades en Gironde sont toujours majoritairement la conséquence des courants de baïnes selon les MNS. Les MNS remarquent qu'un coefficient de marée faible associé à des grosses vagues engendre un courant de baie plus dangereux.

La marée montante semble clairement un moment dangereux avec la création de « trous », nécessitant une stratégie adaptée de la part des MNS.

Pour les MNS, le risque global des baïnes est imprévisible à cause des variations locales.

### **1.6.3 Prévention**

Depuis 2012, une campagne de prévention ciblant les dangers que représentent les baïnes et les vagues de bord a été mise en place. Le dépliant présenté en annexe

A page 53 est diffusé en plusieurs langues aux postes de secours et dans certains accès aux plages, comme on peut le voir en photo figure 1.9. Depuis 2011, aucune noyade mortelle n'a été déplorée sur une plage surveillée.

Les autres informations disponibles sont les conditions de baignades (fig. 1.9 droite), et parfois les courants dangereux lorsque ceux-ci sont facilement identifiables, comme à la plage centrale de Lacanau (fig. 1.11).

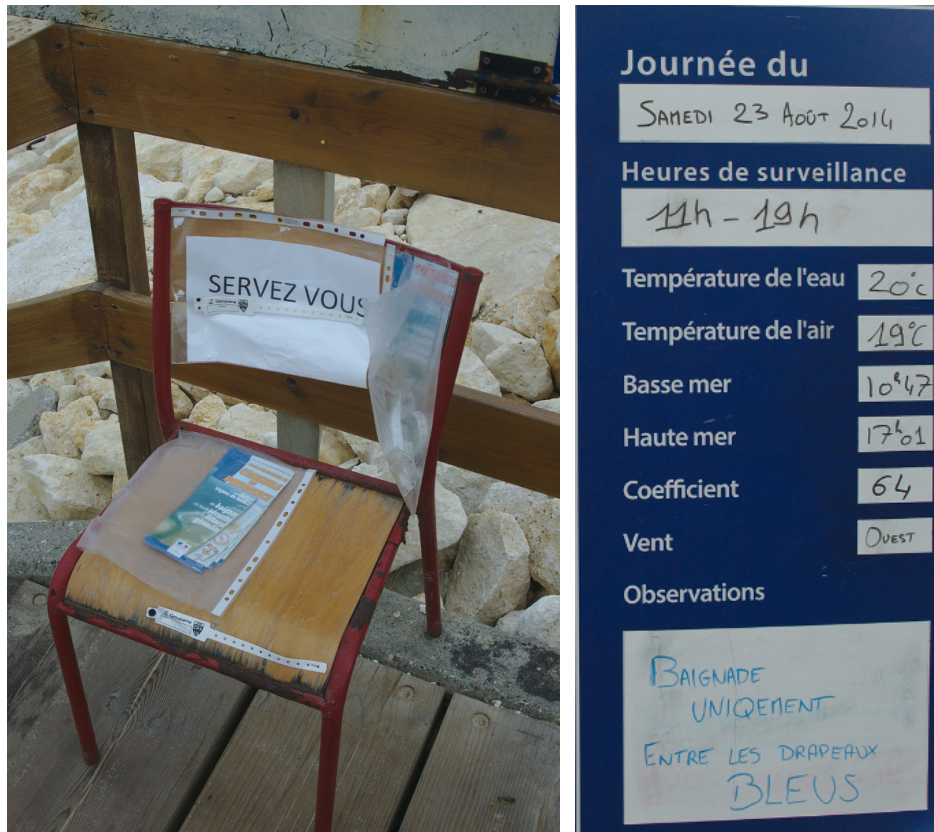


FIGURE 1.9 – Gauche : accès à la plage de Lacanau : dépliant de prévention en libre service. Droite : panneau d'affichage des informations relatives aux conditions de baignade — Lacanau. *Photos personnelles.*

**SIGNIFICATION DES SIGNAUX DE PLAGE**

	ATTENTION	BEWARE	ACHTUNG	ATTENTIE	ATENCIÓN
	BAIGNADE SURVEILLÉE SANS DANGER PARTICULIER	BATHING SUPERVISED ALLOWED	ÜBERWACHTETE BADESTELLE ERLAUBT	BEWAAKT BADEN TOE GESTAAN	BANO VIGILADO SIN PELIGRO PARTICULAR
	BAIGNADE DANGEREUSE MAIS SURVEILLÉE	BATHING DANGEROUS BUT GUARDED	BADEN GEFAHRLICH ABER ÜBERWACHT	BADEN GEVAARLIK MAAR BEWAAKT	BANO PELIGROSO PERO VIGILADO
	BAIGNADE INTERDITE	BATHING FORBIDDEN	BADEN VERBOTEN	VERBODEN TE BADEN	BANO PROHIBIDO
	DELIMITATION DE LA BAIGNADE AUTORISÉE ET SURVEILLÉE	ALLOWED AND GUARDED BATHING AREA	BEGRENZUNG DER ERLAUBTEN UND ÜBERWACHTEN BAD-ZONE	BADEN TUSSEN DE LUNEN TOE GESTAAN EN BEWAAKT	LIMITACION DEL BANO AUTORIZADO Y VIGILADO

<b>PAS DE DRAPEAU</b>	Absence de surveillance
<b>NO FLAG</b>	No lifeguards
<b>KEINE FAHNE</b>	Keine Überwachung
<b>GEEN VLAG</b>	Geen bewaking
<b>NO BANDERA</b>	Ausencia de vigilancia

FIGURE 1.10 – Panneau situé à un accès de la plage de Lacanau rappelant les significations des drapeaux. *Photo personnelle.*

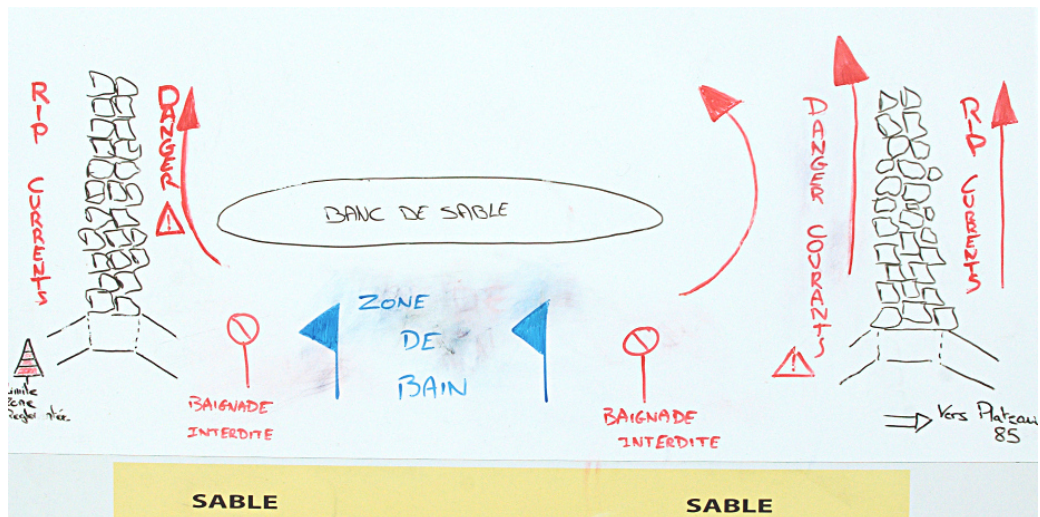


FIGURE 1.11 – Panneau rappelant les zones à risque sur la plage centrale de Lacanau. Les baignes situées sur la plage nord 400m plus loin ne sont pas évoquées. *Photo personnelle.*

## 1.7 Objectifs de l'étude

**Hypothèse de travail :** la noyade étant causée majoritairement par des phénomènes connus — baïnes, vagues de bord — il existe des facteurs prédictifs environnementaux des noyades sur le littoral océanique girondin. Le sexe et l'âge peuvent constituer un facteur aggravant.

**L'objectif principal** est de caractériser la population des noyés et les conditions environnementales lors des noyades sur le littoral océanique girondin entre 2011 et 2013.

**L'objectif secondaire** est de déterminer quels sont les facteurs prédictifs de noyades.



## CHAPITRE 2

# Méthode

---

### 2.1 Recueil des données

#### 2.1.1 Appels

Les données sont issues de l'analyse des appels reçus par le SAMU grâce à une requête sur le logiciel appliSAMU. Les appels provenant des plages, entre le 01/01/2011 et le 31/12/2013 ont été recueillis. Seuls les dossiers correspondant à une victime ont été retenus, cela excluait donc les exercices, les doublons et les appels sans victime. Ensuite, les appels provenant des communes non côtières ou hors département ont été exclus.

Liste des communes dites océaniques, du nord au sud :

- Le Verdon-sur-Mer
- Soulac-sur-Mer
- Grayan et l'Hôpital
- Vensac
- Vendays-Montalivet
- Naujac-sur-Mer
- Hourtin
- Carcans
- Lacanau
- Le Porge
- Lège-Cap Ferret
- La Teste

Toutes les fiches d'appels provenant des plages ont été lues pour éliminer les erreurs.

### 2.1.2 Marées

Les horaires de marées et les marnages sont issus du service hydrographique et océanographique de la marine — SHOM. Ils sont disponibles sur le site web <sup>1</sup>. Le port de référence est celui de Lacanau. Les variations aux extrémités du secteur côtier étudié sont de l'ordre de 15 minutes par rapport à cette localisation. Nous avons estimé que la marge d'erreur était inférieure à celles des horaires du recueil des données SAMU.

### 2.1.3 Houle

Les données concernant l'état de la mer — paramètres de houle, température de l'eau — sont issues de la bouée au large du Cap Ferret située aux coordonnées 044°39,150'N 001°26,800'W. Elles ont été fournies par le Centre d'Archivage National de Données de Houle In Situ – CANDHIS. Les données sont enregistrées toutes les 30 minutes.

Étant à une vingtaine de kilomètre au large, nous avons pris les conditions mesurées une heure avant l'appel pour prendre en compte approximativement la vitesse de phase de la houle.

### 2.1.4 Météorologie

Les données météorologiques ont été fournies par Météofrance. Elles proviennent de la balise du Cap-Ferret. Selon Météofrance, elles représentent correctement la situation sur l'ensemble de la côte étudiée, que ce soit pour les températures de l'air, les vents ou l'état de la mer. Les données sont enregistrées toutes les 3 heures à partir de minuit.

## 2.2 Données étudiées

### 2.2.1 Variables individuelles

Pour tous les appels, l'heure, le lieu, le sexe et l'âge ont été recueillis. Les appels concernant les noyades ont ensuite été étudiées *via* les données de la fiche d'appel et, le cas échéant, de la fiche d'intervention SAMU. Les données

---

1. [www.shom.fr](http://www.shom.fr)

recueillies sont la présence d'antécédent, les circonstances — baignade, surf, ... —, les moyens mobilisés — SP, SAMU, hélicoptère —, le stade de noyade selon la classification de Menezes et Costa et la destination en cas d'hospitalisation. Le nombre d'appels a été considéré comme un marqueur de la fréquentation des plages.

Le stade selon Szpilman a ensuite été établi sur la base des données disponibles. En cas de doute, la gravité était classée au plus bas.

### 2.2.2 Variables environnementales

- date et heure de pleine mer ;
- hauteur de pleine mer ;
- date et heure de basse mer ;
- hauteur de basse mer.
- la hauteur significative des vagues  $H_s$  ;
- la période au pic barycentrique  $T_p$  ;
- la direction moyenne de la houle  $\theta_h$
- l'heure UTC ( $h$ ) ;
- la température de l'air  $T_{air}$  (°C)
- la température de l'eau  $T_{eau}$  (°C)
- la vitesse du vent  $V_v$  (m.s<sup>-1</sup>)
- la direction du vent  $\theta_v$  (°)
- la nébulosité.

### 2.2.3 Données calculées

Nous avons calculé les données suivantes :

- le marnage, différence entre les hauteurs de pleine mer  $H_{pm}$  et de basse mer  $H_{bm}$  :

$$\delta_H = H_{pm} - H_{bm}$$

- l'horaire par rapport à la pleine mer :

$$h_m = h - h_{pm}$$

- le facteur de vague

$$W_f = H_s \cdot T_p$$

— la direction de la houle par rapport à la perpendiculaire à la côte

$$\theta_0 = \theta_h - \theta_c$$

Nous avons pris un angle de côte moyen de  $8^\circ$  soit  $\theta_c = 278^\circ$ . L'angle de houle a été sensibilisé en étudiant le paramètre suivant :

$$D_f = \cos^4 \theta_0$$

Nous avons ensuite calculé le facteur de vague estival moyen sur les données 2011-2013 entre le 1<sup>er</sup> avril et le 30 septembre par l'équation 1.

$$\overline{H_s T_p} = \sum \frac{H_s T_p}{n} \quad (1)$$

Enfin nous avons normalisé le facteur de vague :

$$W_f = \frac{H_s T_p}{\overline{H_s T_p}}$$

Prenant en compte les remarques des MNS suggérant l'implication de la variation de la hauteur des vagues, nous avons intégré le paramètre de variation de la hauteur des vagues, noté  $dH_s$ , défini par l'équation 2.

$$dH_s(h) = H_s(h) - H_s(h - \delta) \mid \delta = 30 \text{ min} \quad (2)$$

Cependant les variations de la période des vagues ( $T_p$ ) se propagent plus vite que  $H_s$  et une houle générée par une tempête au large se répercutera d'abord sur la côte par une augmentation de  $T_p$ . Nous avons donc pris ce paramètre en compte, calculé de la même manière que  $dH_s$ .

D'autre part, pour éviter les effets de fluctuation, nous avons pris la moyenne glissante des variations sur une heure, soit trois mesures.

## 2.3 Analyse statistique

L'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel **R** [31], avec les paquets `rms` [32] et `epicalc` [33].

### 2.3.1 Caractérisation de la population

Dans un premier temps, nous avons étudié les caractéristiques de la population de noyés. Pour les variables continues nous avons établi les médianes et les 1<sup>er</sup> et 3<sup>e</sup> quartiles.

Les paramètres suivants ont été étudiés :

- sexe ;
- âge ;
- antécédents ;
- stade de gravité selon le score de Szpilman.

L'influence des variables continues sur les variables catégorielles a été analysée à l'aide du test de Kruskal-Wallis. L'influence des paramètres continus sur les variables binaires a été étudiée avec le test exact de Fisher ou l'approximation du  $\chi^2$  selon l'effectif. Enfin, la significativité d'une variable catégorielle en fonction d'une autre variable catégorielle a été établie avec un test de Wilcoxon.

### 2.3.2 Comparaison des appels

Nous avons comparé ensuite les caractéristiques des patients selon qu'ils se soient noyés ou non. La première étape a été de savoir s'il existait une différence d'âge et de sexe entre les deux populations. Les moyennes et quartiles de chaque variables ont été comparé ainsi que leur distribution. Cette approche permet de sélectionner les paramètres pertinents pour le modèle de régression logistique.

### 2.3.3 Probabilité qu'un appel soit consécutif d'une noyade

Les variables individuelles — le sexe et l'âge — ne sont pas prises en compte dans ce modèle. En effet, le défaut de recueil concernant ces données limiterait la portée de la modélisation. D'autre part, l'objectif étant de prévoir le risque, nous nous sommes concentrés uniquement sur les paramètres environnementaux.

Les variables étudiées sont :

- heure de marée ;
- marnage ;
- heure de la journée ;
- facteur de vague ;
- angle d'incidence de la houle ;
- variation de la hauteur des vagues ;
- variation de la période des vagues ;
- surveillance : variable binaire, représentant la surveillance en première approximation, vaut 1 pour les appels passés entre 11h et 19h du 1<sup>er</sup> juin au 9 septembre ;
- température de l'air ;
- température de l'eau ;
- commune ;
- vitesse du vent ;
- direction du vent ;
- nébulosité.

Les effectifs d'appels et de noyades sont très variables selon les communes. Nous avons donc effectué les rapprochements suivants, selon des critères géographiques :

- Vensac – Grayan et l'Hôpital ;
- Le Verdon sur Mer – Soulac sur Mer ;
- Naujac sur Mer – Vendays Montalivet ;

Dans un premier temps, nous avons étudié les corrélations entre variables par le calcul du coefficient de Kendall. Aucune corrélation n'est supérieure à 0,4.

Dans un deuxième temps, les variables continues ne vérifiant pas l'hypothèse de linéarité du logit ont été catégorisées.

Chacune des variables a été étudiée en régression logistique univariée, celles avec une p-valeur inférieure à 0,2 ont été conservées. Les variables non significatives en analyse univariée mais pertinentes ont été forcées.

Les interactions entre variables ont ensuite été vérifiées.

Enfin, les variables non significatives présentant un facteur de confusion ont été retirées. Le test de Hosmer-Lemeshow vérifie l'adéquation du modèle.

Le modèle suivant a été retenu :

$$\begin{aligned} \text{logit}(p(\text{appel} = \text{noyade} | W_f, \dots)) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot W_f + \beta_2 \cdot D_f + \beta_3 \cdot S + \beta_4 \cdot \delta H \\ & + \beta_5 \cdot \text{commune} + \beta_6 \cdot h_m + \beta_7 \cdot T_{\text{air}} \\ & + \beta_8 \cdot V_{\text{vent}} + \beta_{47} \cdot \delta H \times h_m \end{aligned}$$

avec :

- $W_f$  : facteur de vague normalisé ;
- $D_f$  : facteur d'incidence de la houle par rapport à la côte ;
- $S$  : surveillance
- $\delta H$  : marnage (différence hauteur pleine mer-hauteur basse mer) ;
- *commune* : lieu ;
- $h_m$  : heure en fonction de la pleine mer ;
- $T_{\text{air}}$  : température de l'air ;
- $V_{\text{vent}}$  : vitesse du vent.

## 2.4 Identification des jours à risque

Une fois les variables favorisant la noyade identifiées, nous avons voulu déterminer quels sont les déterminants des jours de noyade, afin d'établir un modèle prédictif du risque.

Nous avons étudié les variables suivantes, les moyennes et maxima étant établis sur la période 11-19h :

- marnage ;
- ensoleillement (nombre d'heure de soleil dans la journée) ;
- nébulosité ;
- facteur de vague maximal ;
- facteur de vague moyen ;
- facteur d'incidence de la houle maximal ;
- facteur d'incidence de la houle moyen ;
- variation de la hauteur des vagues ;
- variation de la période des vagues ;
- surveillance : variable binaire, représentant la surveillance en première approximation, vaut 1 pour les appels passés entre 11h et 19h du 1<sup>er</sup> juin au 9 septembre ;

- température de l'air maximale ;
- température de l'eau maximale ;
- vitesse du vent maximale ;
- direction du vent moyenne ;
- surveillance ;
- type de jour (week-end, vacances, semaine).

Dans un premier temps, nous avons étudié les corrélations entre variables par le calcul du coefficient de Kendall. Aucune corrélation n'est supérieure à 0,4.

Dans un deuxième temps, les variables continues ne vérifiant pas l'hypothèse de linéarité du logit ont été catégorisées.

Chacune des variables a été étudiée en régression logistique univariée, celles avec une p-valeur inférieure à 0,2 ont été conservées. Les variables non significatives en analyse univariée mais pertinentes ont été forcées. Nous avons ensuite vérifié les interactions entre variables dans le modèle final.

Enfin, les variables non significatives présentant un facteur de confusion ont été retirées.

Nous avons donc le modèle suivant, ne présentant pas de défaut d'adéquation selon le test de Hosmer-Lemeshow :

$$\begin{aligned} \text{logit}(p(\text{noyade})) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \max W_f + \beta_2 \cdot \overline{D}_f + \beta_3 \cdot \max T_{air} \\ & + \beta_4 \cdot \text{ensoleillement} + \beta_5 \cdot S_j \end{aligned}$$

Avec :

- $\max W_f$  : facteur de vague maximal ;
- $\overline{D}_f$  : facteur d'incidence moyen ;
- $\max T_{air}$  : température de l'air maximale ;
- *ensoleillement* : nombre d'heure de soleil dans la journée ;
- $S_j \in \{\text{semaine; weekend; vacances}\}$  ;



## CHAPITRE 3

# Résultats

Le diagramme de flux présenté en figure 3.1 détaille les effectifs. L'ensemble des appels provenant des plages correspond à 3 232 dossiers. Après retrait des doublons et des communes hors gironde, il reste 3 096 appels. Ces appels ont été analysés en détail, ce qui a permis d'exclure les erreurs de localisation ou d'appel, puis les appels hors littoral. 2 624 appels ont finalement été inclus dans l'étude.

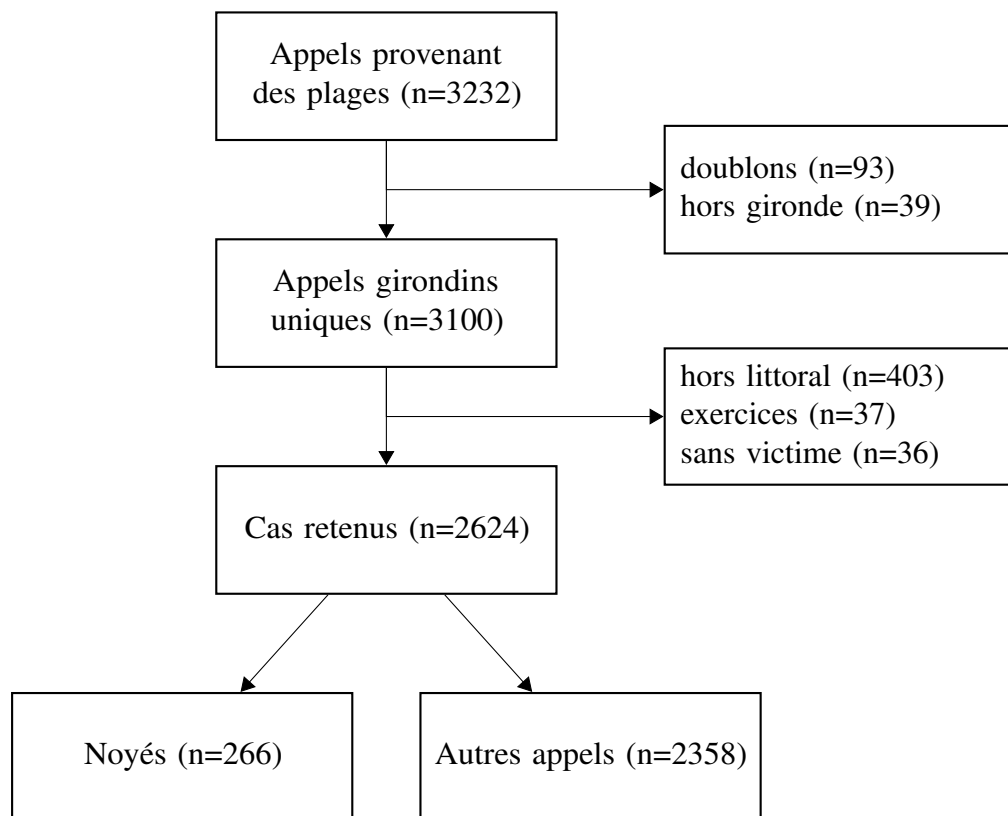


FIGURE 3.1 – Diagramme de flux des données des appels passés au SAMU 33 provenant des plages de 2011 à 2013

### 3.1 Caractéristiques de la population de noyés

La population de noyés comprend 266 patients. La répartition selon l'année et le stade de Szpilman est présenté tableau 3.1.

TABLEAU 3.1 – Effectifs de noyés selon le stade de gravité, par années puis par sexe, sur le littoral océanique girondin de 2011 à 2013 (données manquantes :  $n = 67$ )

	Stade de Szpilman							Total
	0	1	2	3	4	5	6	
2011	44	32	8	0	2	0	2	88
2012	57	35	4	1	0	1	7	105
2013	28	23	12	3	0	1	6	73
Total	131	90	24	4	2	2	15	266
Femmes	24	45	9	1	0	1	4	84
Hommes	42	41	15	3	2	1	11	115

L'âge manque dans 71 observations (26,6%), dont 68 stades 0 et 3 stades 1. Il s'agit des hélitreuillages, dont généralement seul le nombre d'impliqués et parfois le sexe sont renseignés. La répartition selon l'âge et la gravité est présenté figure 3.2. La gravité est significativement différente selon l'âge ( $p = 0,005$ ).

Le sexe est renseigné dans 74,8% ( $n = 199$ ) des observations. Il y a 115 hommes pour 84 femmes, soit 57,8% d'hommes. La répartition selon le stade de gravité est présentée tableau 3.1, la différence n'est pas significative ( $p = 0,19$ ). Les hommes sont significativement plus âgés ( $p < 0,001$ ).

Un antécédent était renseigné dans 27 cas (9,7%). Il s'agit d'asthme ( $n = 8$ ), d'antécédent cardio-vasculaire ( $n = 10$ ) dont HTA ( $n = 6$ ), de troubles psychiatriques ( $n = 4$ ), de cancer de la prostate ( $n = 2$ ), d'épilepsie ( $n = 1$ ). L'absence d'antécédent est noté dans 97 cas. La présence d'un antécédent n'est pas un critère de gravité ( $p = 0,49$ ). Cependant il convient de noter que pour 2 décès, la victime était de sexe masculin et avait plusieurs facteurs de risque cardio-vasculaires.

D'autres facteurs ont été retrouvés :

— une alcoolisation est recensée dans 4 cas — stades 0 et 1 ;

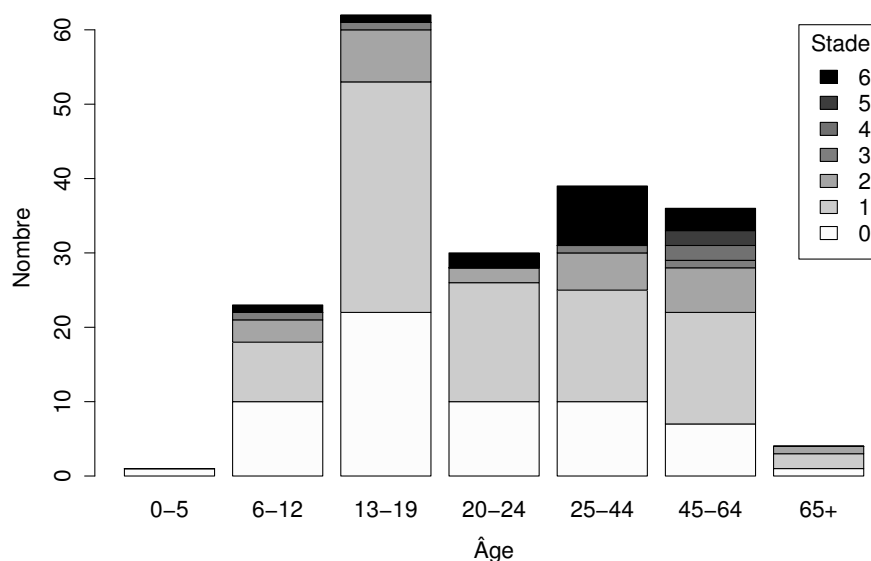


FIGURE 3.2 – Répartition des noyés sur le littoral océanique girondin de 2011 à 2013 selon le stade de gravité et la tranche d’âge ( $n = 195$ )

- une activité autre que la baignade été recensée dans 9 cas (6 surfeurs, 2 véliplanchistes et 1 plongeur) ;
- dans 2 cas, il est noté que la personne ne savait pas nager : il s’agit de deux aquastress (stade 0), emportés par une vague de bord.

### 3.2 Comparaison avec l’étude NOYADES

La répartition des noyades en mer selon l’âge dans l’étude INVS 2012 est présentée 3.2. La répartition est statistiquement différente.

TABLEAU 3.2 – Effectif des noyés selon l’âge sur la côte océanique girondine pour les années 2011-2013 comparé à l’étude de l’INVS 2012 pour les noyades en mer dans la bande des 300 mètres en France.

Âge (ans)	0-5	6-12	13-19	20-24	25-44	46-64	> 65
Noyades 2011-2013	1	23	62	30	37	39	5
INVS 2012	15	32	87	33	82	123	197

### 3.3 Comparaison avec les autres appels

#### 3.3.1 Analyse univariée

Les données CANDHIS ne sont pas disponibles sur la période allant du 1<sup>er</sup> janvier 2011 au 7 mars 2011 puis du 23 mars 2013 au 11 juin 2013.

Le sexe-ratio est de 1,41 H/F dans la population de noyés, 1,27 H/F pour les autres appels ; la différence n'est pas significative ( $p = 0,51$ ).

L'âge moyen est de 23 ans chez la population de noyés, 22 ans pour les autres appels. Là aussi, la répartition n'est pas statistiquement différente ( $p = 0,18$ ).

Le facteur d'incidence de la houle et le facteur de vague sont significativement différents selon les groupes. A contrario, le marnage, les variations de la période de la houle et la température de l'eau ne sont pas significatifs.

La vitesse du vent est différente selon les deux groupes.

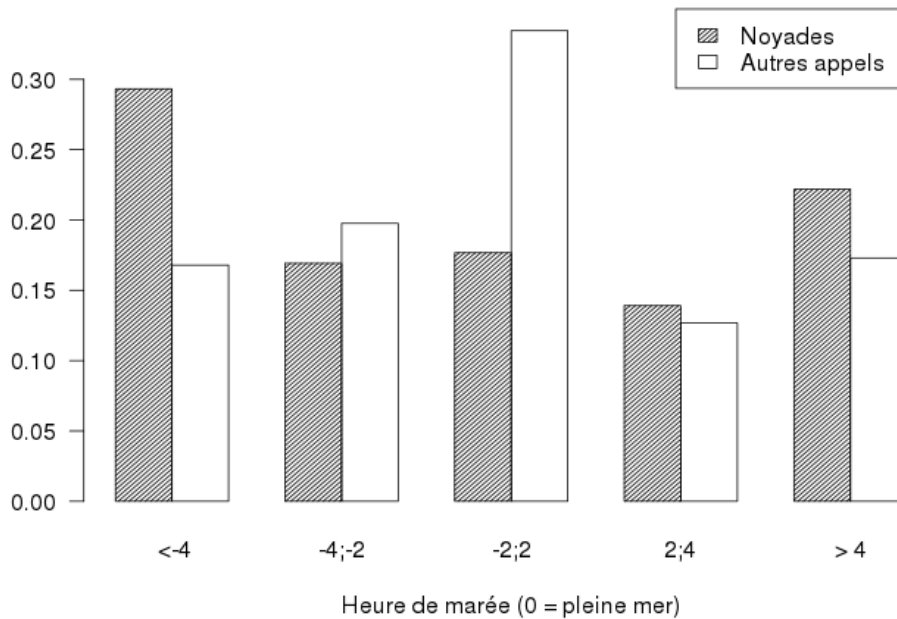


FIGURE 3.3 – Distribution des appels provenant des plages de Gironde en 2011-2013, suivant le motif, en fonction de l'heure de marée (0 = heure de pleine mer). ( $n = 2644$ )

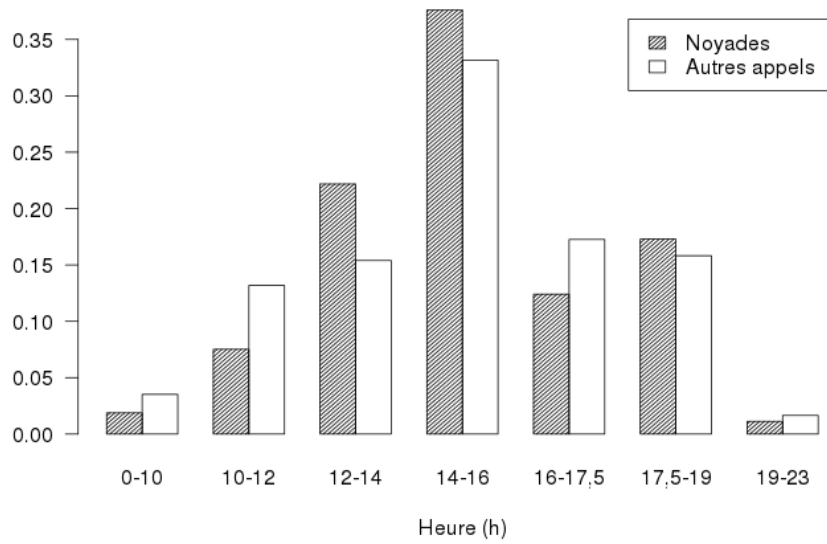


FIGURE 3.4 – Distribution des appels provenant des plages de Gironde en 2011-2013, suivant le motif, en fonction de l'heure de la journée. ( $n = 2644$ )

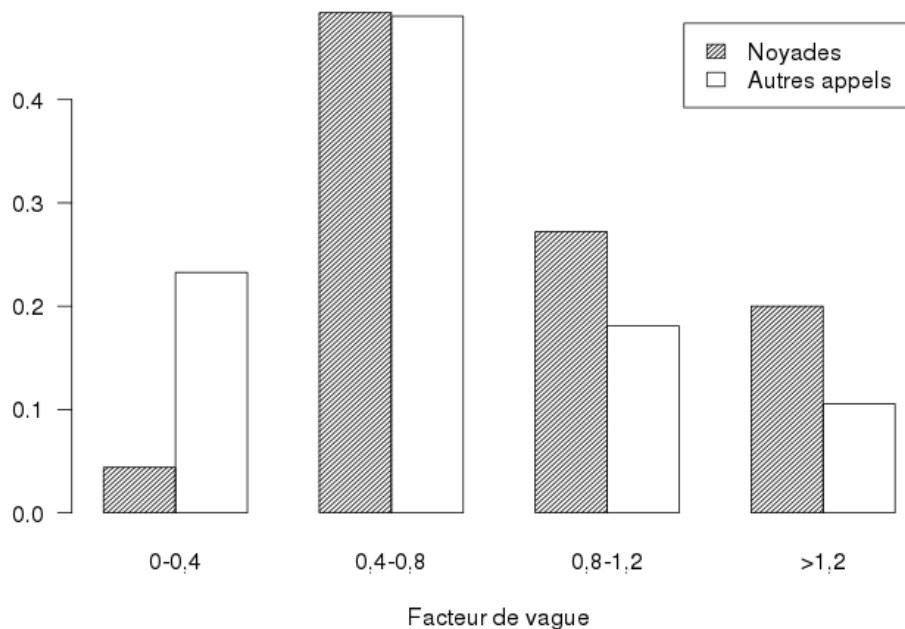


FIGURE 3.5 – Distribution des appels provenant des plages de Gironde en 2011-2013, suivant le motif, en fonction du facteur de vague. ( $n = 2644$ )

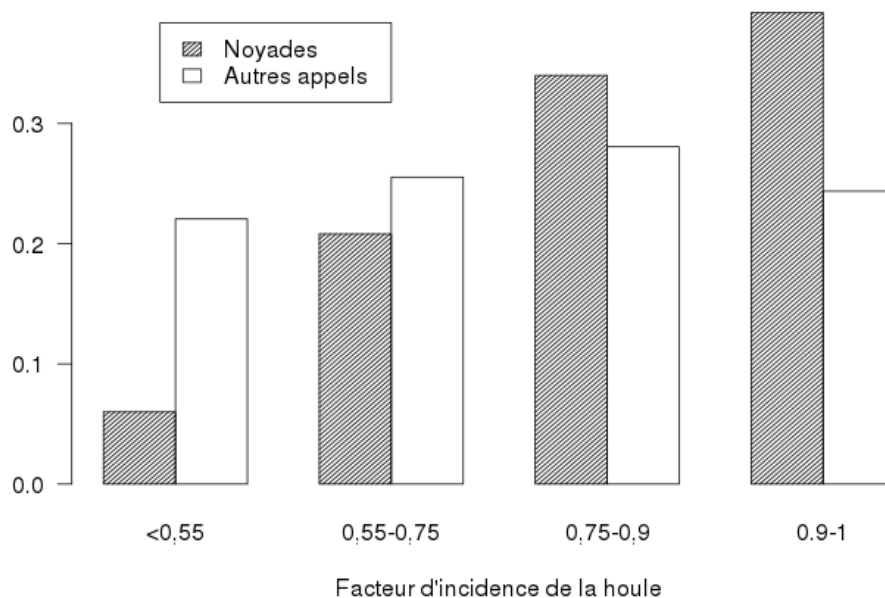


FIGURE 3.6 – Distribution des appels provenant des plages de Gironde en 2011-2013, suivant le motif, en fonction du facteur d'incidence de la houle. Plus la valeur est proche de 1 plus la houle est perpendiculaire à la côte (n=2644)

TABLEAU 3.3 – Description des variables selon les victimes des appels (noyés / autres) sur les plages océaniques girondines de 2011 à 2013 ( $n = 2624$ ), significativité en analyse univariée.

	Groupe	Médiane	Quartiles (1 <sup>er</sup> ; 3 <sup>e</sup> )	Données manquantes	<i>p</i>
Âge (années)	Noyés	23	16;42	71	
	Autres	22	15;39	52	
Facteur d'incidence	Noyés	0,85	0,74;0,96	16	< 0,001
	Autres	0,76	0,60;0,90	59	
Facteur de vague	Noyés	0,77	0,56;1,08	16	< 0,001
	Autres	0,61	0,41;0,85	59	
Vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> )	Noyés	5,20	4,20;6,80	0	< 0,001
	Autres	5,00	4,00;6,00	8	
Marnage (m)	Noyés	3,13	2,44;3,84	0	0,931
	Autres	3,22	2,49;3,85	0	
Variation de la hauteur de houle (m)	Noyés	0,00	-0,07;0,10	16	0,003
	Autres	0,00	-0,10;0,07	57	
Variation de la période des vagues (s)	Noyés	0,00	-0,02;0,03	16	0,561
	Autres	0,00	-0,02;0,02	57	
Température de l'air (°C)	Noyés	24,85	22,9;26,6	0	0,041
	Autres	24,70	22,6;27,1	0	
Température de l'eau (°C)	Noyés	21,4	20,4;22,5	10	0,511
	Autres	21,4	20,7;22,4	60	

TABLEAU 3.4 – Probabilité qu’un appel soit consécutif à une noyade sur les plages océaniques girondines de 2011 à 2013 ( $n = 2624$ ), par rapport à l’heure de pleine mer, en analyse univariée.

Variable	$\widehat{OR}$	IC 95%	$p$
Heure de marée (0 = pleine mer)			$p < 0,001$
$h_m < -4$	3,31	[2,26;4,84]	
$-4 < h_m < -2$	1,62	[1,06;2,48]	
$-2 < h_m < 2$	1		
$2 < h_m < 4$	2,08	[1,32;3,26]	
$4 < h_m$	2,43	[1,62;3,63]	



### 3.3.2 Régression logistique multivariée

Les résultats de la régression logistique ne prenant en compte que les variables significatives sont présentés tableau 3.5. Ce modèle prend en compte 2 546 appels dont 250 consécutifs à une noyade.

Les heures de marées autour de la marée basse sont à risque en analyse univariée, comme l'illustrent le tableau 3.4 et la figure 3.3. Le risque croît à mesure que l'on s'approche de la marée basse. Cependant, le danger n'est pas le même selon le marnage : le risque est plus fort à marée montante pour les forts marnage et en fin de marée descendante pour les faibles marnages.

Le facteur de vague représente un facteur de risque significatif. Les appels avec un  $W_f$  supérieur à 1,2 ont 7,16 fois plus de risque d'être consécutif à une noyade qu'un appel à moins de 0,4.

Le facteur d'incidence a un *odds ratio* estimé ( $\widehat{OR}$ ) de 8,42 (IC95 % [3,59; 19,73]), significatif. À noter que sa valeur maximale est de 1.

La variation de la hauteur de la houle, qui était significative en univariée, ne l'est plus dans le modèle multivarié et a été retirée (changement non significatif,  $p = 0,24$ ).

La vitesse du vent est un facteur augmentant par 1,79 la probabilité de noyade pour les valeurs supérieures à 6,1 m.s<sup>-1</sup>.

Le risque n'est pas distribué également selon la commune. Ainsi un appel provenant de La Teste est significativement moins à risque de concerner une noyade ( $\widehat{OR}$  0,465 IC 95% [0,23; 0,93]). D'un autre côté, les appels provenant du Porge sont plus à risque ( $\widehat{OR}$  2,49 IC 95% [1,26; 4,93])

TABLEAU 3.5 – Paramètres déterminant la probabilité qu'un appel soit consécutif à une noyade, sur les données environnementales des appels provenant des plages girondines entre 2011 et 2013 ( $n = 2539$ )

Variable	$\widehat{OR}$	IC 95%	$p$
Communes			< 0,001
Carcans	1		
Grayan	1,32	[0,49;3,60]	
Hourtin	1,21	[0,59;2,46]	
Lacanau	0,96	[0,57;1,62]	
La Teste	0,46	[0,23;0,93]	
Lège Cap Ferret	1,64	[0,97;2,77]	
Le Porge	2,49	[1,26;4,93]	
Soulac sur Mer	0,99	[0,50;1,95]	
Vendays	1,24	[0,64;2,37]	
Température de l'air			0,008
< 22,60	0,65	[0,42;0,99]	
[22,60;24,75]	1		
]24,75;27]	1,35	[0,93;1,97]	
> 27	0,91	[0,60;1,39]	
Vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> )			0,004
< 4	1		
[4;6,1]	1,04	[0,72;1,51]	
> 6,1	1,79	[1,19;2,70]	
Facteur de vague			< 0,001
< 0,4	1		
[0,4;0,8]	4,45	[2,34;8,48]	
]0,8;1,2]	5,47	[2,76;10,86]	
> 1,2	7,16	[3,47;14,77]	
Surveillance	0,63	[0,43;0,91]	0,017

*suite page suivante*

*suite de la page précédente*

Variable	$\widehat{OR}$	IC 95%	$p$
Facteur d'incidence	8,42	[3,59;19,73]	< 0,001
Effet du marnage en fonction de l'heure de marée ( $h_m$ , heures, pleine mer = 0)			
quand $h_m < -4$	1,79	[1,22;2,62]	
quand $-4 < h_m < -2$	0,85	[0,57;1,28]	
quand $-2 < h_m < 2$	1,03	[0,70;1,53]	
quand $2 < h_m < 4$	0,54	[0,29;1,00]	
quand $4 < h_m$	0,66	[0,46;0,97]	

### 3.4 Jours à risque

Le résultat de la régression logistique est énoncé tableau 3.6. Les variables de marée — horaires et marnage — ne sont pas significativement différentes. Il ne présente pas de défaut d'adéquation ( $p = 0,45$ ).

TABLEAU 3.6 – Analyse en régression logistique des paramètres déterminant les jours ayant eu au moins un noyé en Gironde sur les années 2011, 2012 et 2013 ( $n = 907$ ).

Variable	$\widehat{OR}$	IC 95%	$p$
Température de l'air (°C)			< 0,001
< 21	0,10	[0,03;0,30]	
[21;23]	1		
]23;27]	3,12	[1,54;6,34]	
> 27	2,98	[1,18;7,5]	
Ensoleillement (h)	1,1	[1,01;1,19]	0,02
Facteur de vague maximal (m.s)			< 0,001
< 8,9	1		
[8,9; 13,4]	3,76	[1,78;7,92]	
]13,4; 19,3]	5,01	[2,16;11,64]	
> 19,3	3,28	[1,27;8,47]	
Facteur d'incidence moyen	28,97	[6,33;132,67]	< 0,001
Type de jour			< 0,001
Semaine	1		
Week-end	2,23	[0,95;5,23]	
Vacances	10,11	[5,16;19,81]	

## CHAPITRE 4

# Discussion

---

### 4.1 Méthodologie

Notre étude compare les appels reçus au SAMU 33. Or la grande majorité des noyades est gérées par les MNS. Notre étude est donc limitée aux cas nécessitant des moyens lourds (hélicoptère et/ou médecin). Les conditions des noyades les moins graves sont peut-être différentes. Un recueil exhaustif par les MNS permettrait de corriger ce biais.

D'autre part, les appels concernent dans un certain nombre de cas des traumatismes secondaires aux vagues de bord. Les vagues de bord sont liées aux conditions de houle et pourraient interférer dans notre étude, induisant une perte de puissance statistique.

Dans une étude réalisée en 2003, il a été établi que le nombre d'appels par jour est bien corrélé à la fréquentation des plages [30]. Ainsi les appels passés au SAMU 33 sont le reflet de la fréquentation et donc, indirectement, de l'exposition des personnes.

Cependant, cette étude ne permet pas d'identifier les jours à risque. Des travaux supplémentaires sont nécessaires afin de comparer le risque en fonction des paramètres environnementaux de chaque jour. Il faudrait alors prendre en compte les paramètres influant la fréquentation des plages.

### 4.2 Population de noyés

#### 4.2.1 Comparaison avec l'étude NOYADES 2012

Les résultats sont cohérents avec ceux de l'INVS. L'étude de 2012 recense 42 noyades dont 11 suivies de décès. Notre étude retrouve 41 noyades de stade 1 et

plus, avec 6 décès — 1 patient stade 6 a été récupéré. Nous n'avons pu accéder aux données détaillées de l'INVS, mais après analyse des appels exclus, la différence s'explique par la localisation (un décès dans le bassin d'Arcachon) et nous avons retrouvé trois appels pour des corps flottants. Enfin, un décès était probablement consécutif à un traumatisme rachidien sur une vague de bord, sans inhalation et nous l'avons exclu par manque de donnée.

Comparée à la population de noyés en France, la répartition est différente, avec une sur-représentation des 13-24 ans et une sous-représentation des plus de 65 ans.

### **4.2.2 Gravité des noyades**

La répartition de la gravité des noyades, avec 49% d'aquastress et 82% de stade inférieur à 2, est également une caractéristique connue des côtes girondines [20]. Cela peut s'expliquer par une vigilance des MNS mais aussi par la population exposée : les appels provenant des plages ont une répartition d'âge similaire avec peu de personnes de plus de 65 ans. La population pourrait expliquer les différences observées avec la côte méditerranéenne [34]. Les noyades y sont plus graves et 30% concernent des patients de plus de 65 ans.

Le recueil de données effectué n'est pas exhaustif concernant les antécédents. Cependant, parmi les patients noyés, sept ont au moins un antécédent cardiovasculaires : deux stade 0, un stade 1, un stade 2, un stade 5 et deux stades 6.

### **4.2.3 Sexe ratio**

Le sexe-ratio avec une majorité d'hommes est en rapport avec les précédentes études. Il est intéressant de noter une sur-représentation des hommes dans les appels également.

## **4.3 Paramètres environnementaux**

### **4.3.1 Conditions de marée**

Les heures autour de la marée basse sont un facteur de risque de noyade. Cela est en accord avec les données actuelles et correspond au phénomène des baïnes.

Dans notre étude, les heures de marée montante sont au moins aussi dangereuses que les heures de marée descendante.

Le marnage, donnée importante pour les MNS, ne ressort pas statistiquement dans notre étude en analyse univariée. De multiples interactions entre l'horaire de marée, le marnage et l'heure empêchent la convergence d'un modèle adéquat saturé.

Dans le modèle final, ne prenant en compte que le marnage et l'heure de marée, l'interaction est significative et un marnage fort engendrera un risque à marée montante tandis qu'un marnage faible majorera le risque à marée descendante.

Cependant, un marnage important est plus fréquent pour une heure de basse mer aux alentours de midi (à cause de l'effet du soleil) et engendrera des courants d'arrachement aux heures de baignade. Cette corrélation est présentée figure 4.1. On pourrait donc penser au fait que l'accroissement du risque à marée montante à fort marnage serait dû à une plus forte exposition. En prenant en compte les heures de survenue des noyades, il s'avère que la modification du risque est indépendante de l'heure : pour les marées montantes à fort marnage vers 17h, le risque est également accru.

Le marnage influence donc les heures de marées à risque : un marnage important déportera le risque sur la marée montante. L'effet du marnage dans le modèle est présenté figure 4.2 pour des conditions moyennes par ailleurs.

D'un point de vue physique, il est établi qu'un marnage faible rend le courant d'arrachement moins fort mais plus constant et pouvant durer plus de 6 heures, tandis qu'un marnage important engendrera un courant intense mais de faible durée — 2 heures [25]. Le danger apparaît donc différent.

### **4.3.2 Conditions de houle**

Nous avons introduit dans cette étude le facteur de vague. Celui-ci constitue un facteur plus important que l'heure de marée dans la probabilité qu'un appel soit consécutif à une noyade. Représentatif de l'énergie des vagues, il serait intéressant d'étudier son impact sur les traumatismes dûs aux vagues de bord.

L'angle d'incidence de la houle est un autre facteur déterminant, et indépendant du facteur de vague. Une houle perpendiculaire à la côte augmente le risque de noyade. Là aussi, ce paramètre correspond à un courant d'arrachement plus fort. Il serait intéressant de poursuivre l'analyse plus loin en rapportant pour chaque appel l'angle d'incidence local. Cela pourrait permettre d'expliquer la différence

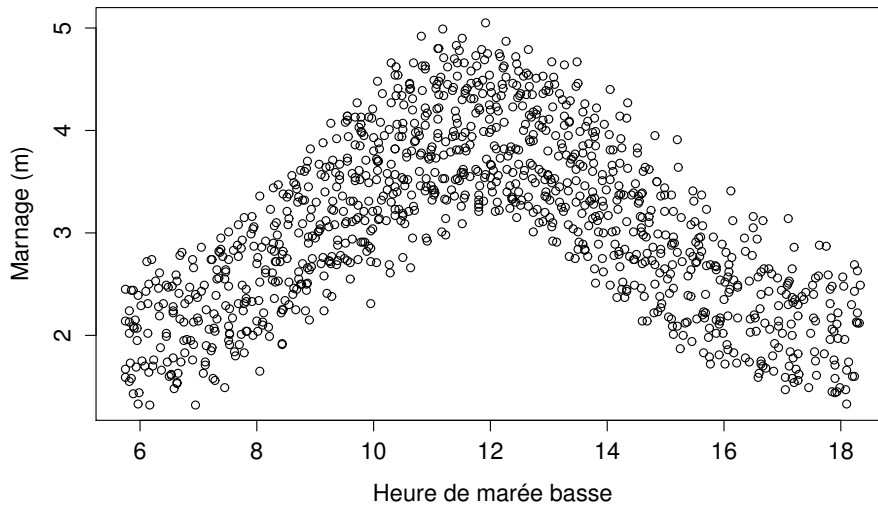


FIGURE 4.1 – Marnage (m) en fonction de l’heure de basse mer (h), données années 2011-2013.

entre les communes — l’angle de la côte varie de  $11^\circ$  vers la plage du Truc Vert (Lège-Cap Ferret) à  $0^\circ$  à Vendays-Montalivet, comme illustré figure 4.3.

### 4.3.3 Conditions météorologiques

La vitesse du vent ressort comme facteur de risque de noyade, pour les valeurs les plus importantes. Elle n’est pas liée aux phénomènes de baïnes, et n’interagit pas avec les autres variables étudiées. L’ajout de la direction du vent en facteur n’intervient pas non plus, alors qu’un vent d’ouest rend les vagues plus dangereuses. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour comprendre le lien avec les noyades.

La température de l’air illustre probablement l’exposition au risque : une température inférieure à  $22,6^\circ\text{C}$  fait chuter la probabilité de noyade de façon importante.

Le développement d’un modèle séparant la probabilité de baignade — incluant la température de l’air et l’ensoleillement — puis calculant la probabilité de noyade (incluant la température de l’eau) en cas de baignade est une piste pour un futur travail.



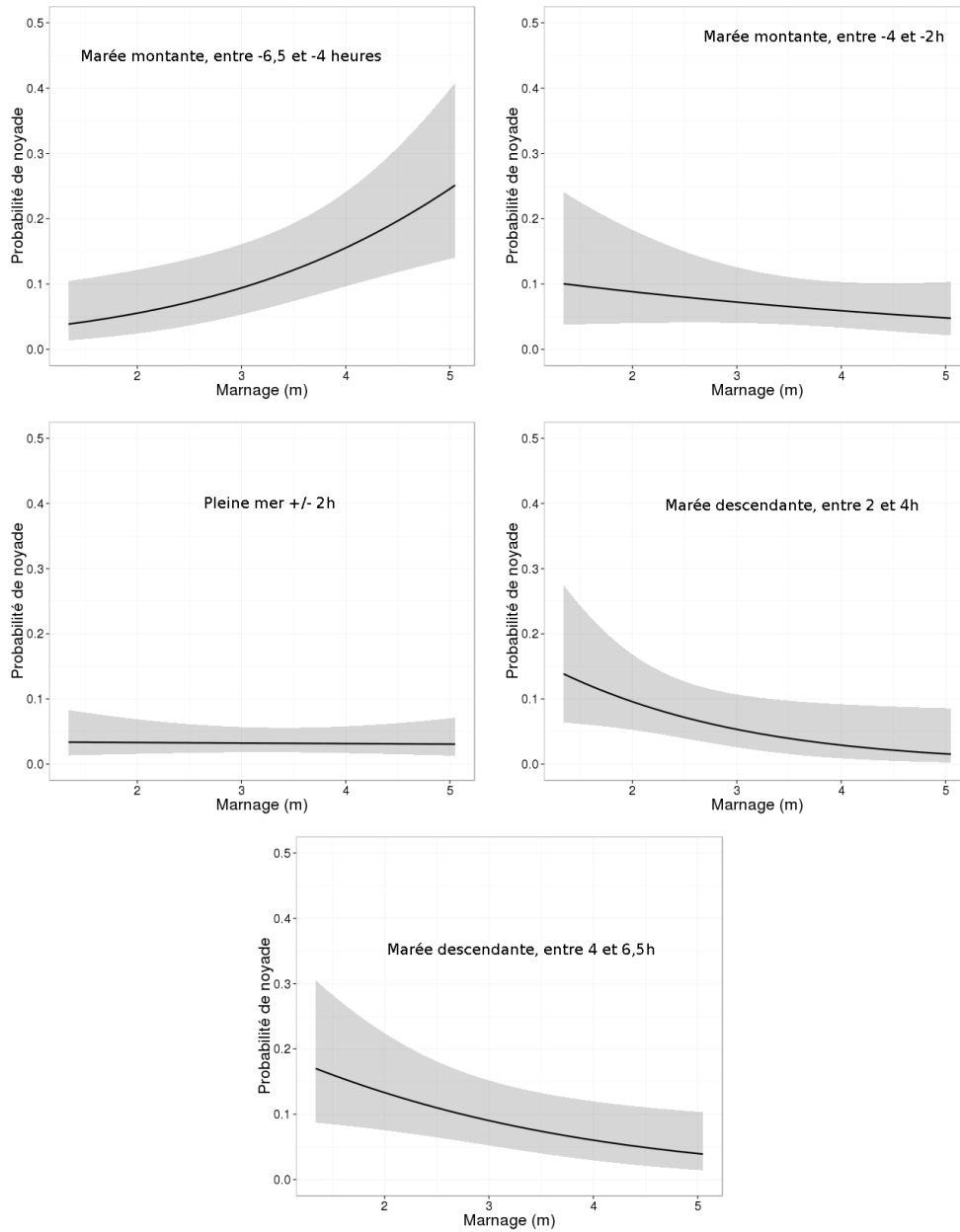


FIGURE 4.2 – Variation du risque de noyade en fonction du marnage selon l’horaire de marée, avec des conditions de houle et de météorologie moyennes, commune de Carcans, modèle en régression logistique (n=2539). Les aires représentent l’intervalle de confiance à 95 %.

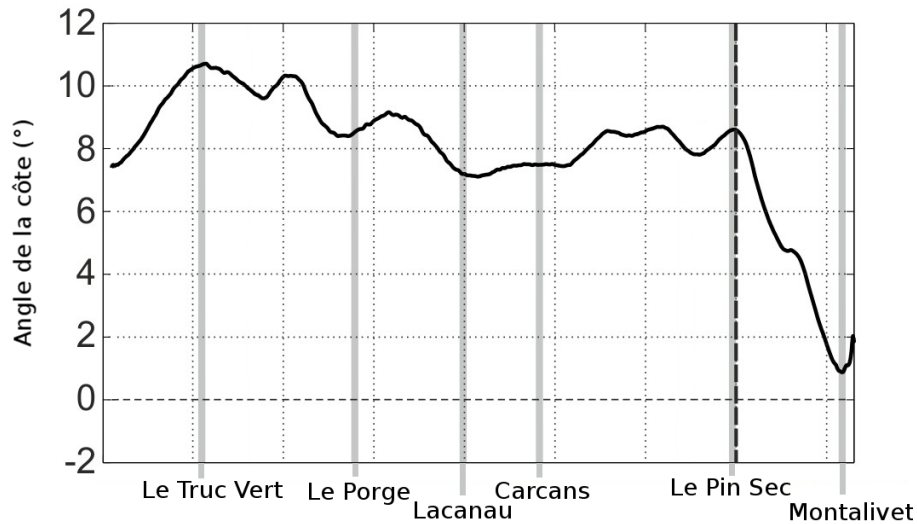


FIGURE 4.3 – Angle de la côte girondine par rapport au nord géographique, d'après B. Castelle.

#### 4.3.4 Lieu

La variation selon les communes est probablement multi-factorielle. Comme nous l'avons déjà évoqué, il faut prendre en compte la variation de l'angle de la côte. D'autre part, la commune de La Teste est à la frontière entre un environnement dominé par la marée et un environnement dominé par la houle. Cela pourrait expliquer la diminution du risque.

Un autre facteur à prendre en compte est l'hétérogénéité de la surveillance selon les communes. Parfois, les moyens des dispositifs de secours ne sont pas adaptés à la fréquentation des plages. Un MNS du Porge remarquait que les effectifs de MNS sont faibles sur cette commune comparée à d'autres, pour une fréquentation importante.

#### 4.3.5 Surveillance

La modélisation des conditions de surveillance est approximative, et uniquement basée sur les données d'heures et de dates, sans prendre en compte les variations locales des surveillances. En effet, nous n'avons pas la possibilité d'avoir cette donnée lors du recueil. Cependant, ce paramètre baisse significativement la probabilité de noyade. D'autre part, la mise en évidence des effets des courants d'arrachement nous incite à penser que la plupart des noyades en horaire

de surveillance étaient en dehors des zones surveillées. En effet, aucune noyade mortelle n'a été rapportée dans une zone surveillée sur la période étudiée.

## 4.4 Jours à risque

La détermination des jours à risque par le modèle présenté dans cette étude permet d'identifier les variables pertinentes. Celles-ci sont en adéquation avec le modèle précédent, à l'exception de la vitesse du vent. L'ensoleillement, variable non significative dans le premier modèle, apparaît déterminante. Celui-ci détermine la fréquentation des plages [30].

La température maximale de l'air est un paramètre conditionnant la baignade et le modèle met en évidence une nette diminution du risque en deçà de 21°C. Le risque devient négligeable (2 cas) en-dessous de 19°C.

Le facteur d'incidence ressort également dans ce modèle, ainsi que le facteur de vague maximal.

Un tel modèle de prédiction du risque pourrait aboutir à un outil de prévention similaire au risque d'avalanche en montagne, qui est diffusé en cas de danger. La courbe ROC du modèle est présentée figure 4.4, elle présente une aire sous la courbe de 0,92.

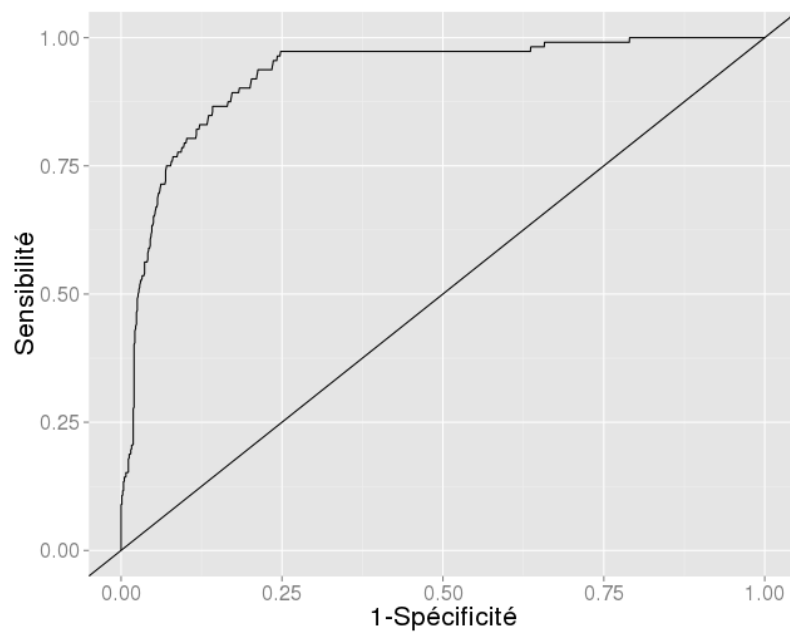


FIGURE 4.4 – Courbe ROC du modèle en régression logistique déterminant la probabilité qu’une noyade ait lieu un jour donné sur le littoral océanique Girondin, à partir des données 2011, 2012 et 2013 (n=907).

# Conclusion

---

Notre étude a comparé les appels du SAMU 33 provenant des plages sur la période 2011-2013.

L'analyse des appels a permis de caractériser les facteurs déterminant la probabilité qu'ils soient consécutifs à une noyade. Leur fréquence étant représentative de la fréquentation des plages, nous avons pu aboutir aux conclusions suivantes :

- les noyés sur le littoral girondin ont une moyenne d'âge de 22 ans et sont significativement plus jeunes que les noyés en mer en France.
- ils sont majoritairement masculins (57,8%) ;
- les noyades sur le littoral girondin restent rarement grave (79% de stade 0 ou 1 selon Szpilman) ;
- les courants d'arrachement dus aux baines restent un danger important ;
- les heures de marée autour de la basse mer sont un danger connu et restent à risque ;
- les conditions de houle (facteur de vague et direction) sont déterminantes dans les noyades sur le littoral océanique ;
- le marnage influence le risque de noyade à marée montante ;
- la vitesse du vent est à prendre en compte pour des valeurs importantes.

Dans une deuxième partie, nous avons initié un travail d'identification prédictif des jours à risque en fonction des conditions météorologiques et maritime, qui pourrait permettre l'adaptation des moyens.

# Bibliographie

---

1. VAN BEECK E et coll. A new definition of drowning : towards documentation and prevention of global public health problem. Bull World Health Organization 2005.
2. PEDEN M et coll. The injury chart book : a graphical overview of the global burden of injuries. World Health Organization, 2002.
3. MACKIE I. Patterns of drowning in Australia, 1992-1997. Medical Journal of Australia 1999 ;171 :587–90.
4. BIERENS J. Handbook on Drowning. Sous la dir. d'HEIDELBERG. Springer-Verlags, 2006.
5. RICHARDS DB. Drowning. African Journal of Emergency Medecine 2011 ;1 :33–38.
6. INVS. Enquête NOYADES 2012 Premiers résultats définitifs 1<sup>er</sup> juin - 30 septembre 2012. [http://www.invs.sante.fr/surveillance/noyades/noyades\\_2012\\_premiers\\_resultats\\_definitifs.pdf](http://www.invs.sante.fr/surveillance/noyades/noyades_2012_premiers_resultats_definitifs.pdf) 2012.
7. SZPILMAN D. Near-drowning and drowning classification : a proposal to stratify mortality based on the analysis of 1831 cases. Chest 1997 ;112 :660–665.
8. SZPILMAN D et coll. Drowning. New England Journal of Medicine 2012 ;366. PMID : 22646632 :2102–2110.
9. SZPILMAN D et coll. Creating a drowning chain of survival. Resuscitation 2014.
10. LUNETTA et coll. What is the incidence and significance of 'dry-lungs' in bodies found in water ? Am J Foren Med Pathol 2004 ;25 :291–301.

## BIBLIOGRAPHIE

---

11. MODELL J et MOYA F. Effects of volume of aspirated fluid during chlorinated freshwater drowning. *Anesthesiology* 1966 ;27 :662–72.
12. MICHELET P et coll. Noyade, un état des lieux en 2014. In : Congrès Aquitain de Médecine d’Urgence. 2014.
13. ACKERMAN M et coll. Molecular diagnosis of the inherited long QT syndrome in a woman who died after near-drowning. *New England Journal of Medicine* 1999 ;341 :1121–5.
14. STERBA J. Field Management of Accidental Hypothermia during Diving. Rapp. tech. 1-90. US Naval Experimental Diving Unit, 1990.
15. TALLEC C. Les noyades en eau de mer dans le Finistère : étude rétrospective sur trois ans. Thèse de doct. Université de Bretagne Occidentale, 1995.
16. CROWE S et coll. Paediatric near-drowning : mortality and outcome in a temperate climate. *Irish Medical Journal* 2003 ;96 :274–6.
17. BILLET P. Épidémiologie et prise en charge des noyades dans le finistère : étude rétrospective sur quatre années de 2001 à 2004. Thèse de doct. Université de Bretagne Occidentale, 2006.
18. TURGUT A. A study on multiple drowning syndromes. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion* 2012 ;19. PMID : 21827292 :63–67.
19. TURGUT A et TURGUT T. A study on rescuer drowning and multiple drowning incidents. *Journal of Safety Research* 2012 ;43 :129 –132.
20. Enquête sur 1000 noyades en France. Rapp. tech. Urgence Pratique DGD DDSC, 1995.
21. EL KADIRI I. Actualité de la prise en charge des noyades : exemple de l’organisation en Gironde. Thèse de doct. Université Bordeaux II - Victor Segalen, 2004.
22. ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE. Organisation Météorologique Mondiale. URL : <http://www.wmo.int/pages/prog/amp/mmop/faq.html#douglas>.
23. BARTHE X et CASTAING P. Étude théorique de l’action des courants de marée et des houles sur les sédiments du plateau continental du Golfe de Gascogne. *Oceanologica Acta* 1989 ;12 :325–34.

## BIBLIOGRAPHIE

---

24. IDIER D et PEDREROS R. Observatoire de la Côte Aquitaine, Modélisation hydrodynamique de la Côte Basque. Partie 1 : marées, courants de marée et surcotes. Rapport public RP-53705-FR. BRGM, 2005. URL : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-53705-FR.pdf>.
25. BRUNEAU N et CASTELLE B. Field observations of an evolving rip current on a meso-macrotidal well-developed inner bar and rip morphology. *Continental Shelf Research* 2009 ;29 :1650–1662.
26. CASTELLE B et BONNETON P. Modélisation du courant sagittal induit par les vagues au-dessus des systèmes barre/baïne de la côte aquitaine (France). *C. R. Geoscience* 2006 ;338.
27. CASTELLE B et coll. Double bar beach dynamics on the high-energy meso-macrotidal French Aquitanian Coast : A review. *Marine Geology* 2007 ;245.
28. SCOTT T et coll. Controls on macrotidal rip current circulation and hazard. *Geomorphology* 2014 ;214 :198–215.
29. SUOMINEN P et coll. Impact of age, submersion time and water temperature on outcome in near-drowning. *Resuscitation* 2002 ;52 :247 –254.
30. MURCOTT O. Intérêt de la mise en place au SAMU 33 d'une régulation estivale spécifique pour les urgences sur les plages. Thèse de doct. Université d'Angers, 2003.
31. R CORE TEAM. R : A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2014. URL : <http://www.R-project.org>.
32. HARRELL F. rms : Regression Modeling Strategies. R package version 4.2-1. 2014. URL : <http://CRAN.R-project.org/package=rms>.
33. CHONGSUWIVATWONG V. epicalc : Epidemiological calculator. R package version 2.15.1.0. 2012. URL : <http://CRAN.R-project.org/package=epicalc>.
34. CHARMENSAT O. Prise en charge de la noyade en région PACA-Languedoc : étude rétrospective observationnelle multicentrique. Thèse de doct. Université de Marseille, 2012.



# ANNEXE A

## Prévention

### Ce qu'il faut savoir pour se baigner sans danger

Vous serez encore nombreux cet été sur les plages du littoral girondin à profiter des plaisirs de la baignade.

Afin que ces moments ne soient pas gâchés, il faut bien être conscient de certaines règles essentielles.

**CE DÉPLIANT A POUR BUT DE LES RAPPELER.** La baignade est aussi en effet une activité dangereuse, notamment à cause des **baïnes** et des **vagues de bord**.

Assurez-vous que les conditions de baignade ne vont pas **devenir dangereuses** au cours de la journée.

Consultez régulièrement les bulletins météo.

### 112 - 18 - 15 Numéros d'urgence

Le 112 est le numéro d'appel d'urgence européen, qui peut être composé gratuitement à partir d'un téléphone fixe ou mobile (même si le réseau est saturé), partout dans l'Union Européenne.

Le 112 met en relation l'appelant avec les services d'urgence concernés (police locale, pompiers ou urgences médicales) et permet de parler à un opérateur dans plusieurs langues européennes.

**Le 112 est disponible 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7**

Plaquette rédigée en collaboration avec le SAMU 33 chargé de la régulation des plages

**Nouveau :** Une cartographie des postes de secours du littoral est disponible sur : <http://plages-nsl.com>

Vérifiez que votre plage est surveillée !

La plaquette est consultable sur le site des services de l'État

You can refer to the leaflet on the Prefecture website

Se puede consultar el folleto en el sitio web de la Prefectura

Das Falblatt kann auf der Internetseite der Präfraktur eingesehen werden

[www.gironde.gouv.fr](http://www.gironde.gouv.fr)

Prefecture de la Gironde  
2, esplanade Charles-de-Gaulle - CS41397  
33077 BORDEAUX cedex  
courriel : [pref-courrier@gironde.gouv.fr](mailto:pref-courrier@gironde.gouv.fr)

### CONSEILS DE PRUDENCE

#### ...Baïnes vagues de bord...

#### se baigner en toute sécurité sur le littoral girondin

Prefecture de la Gironde  
[www.gironde.gouv.fr](http://www.gironde.gouv.fr)  
ETE 2014

### Qu'est-ce qu'une "baïne" ?

Une **baïne** est une formation d'eau créée par le mouvement des marées. En patois local, cela signifie "bassin, cuvette d'eau". On en trouve tout au long des plages de sable de la côte Atlantique.

Une baïne se forme à marée basse. Ce "bassin" de sable fin se voit au bord à marée basse. Elles constituent des cuvettes où l'eau est en apparence plus calme qu'ailleurs, l'absence de vagues attirant le baigneur.

Mais à marée haute, quand le niveau de l'eau de la baïne devient supérieur à celui de l'océan, celle-ci se vide soudainement en créant un courant vers le large dit "courant de baïne" qui attire le baigneur vers le large. Il est alors très difficile de rejoindre le bord et le baigneur risque de s'égarer et de se noyer s'il tente de lutter contre le courant.

Ce phénomène se produit à un moment précis de chaque marée en fonction de la houle et des coefficients. Plus les vagues sont grosses et le coefficient élevé, plus les baïnes sont dangereuses.

### Que faire face à un "courant de baïne" ?

**Bien s'informer pour ne pas s'exposer au danger**

- Les baïnes sont surtout dangereuses aux trois premières heures de la marée montante et aux trois dernières heures de la marée descendante.
- Mais le plus sûr moyen d'éviter la noyade reste encore d'éviter les baïnes, donc de bien s'informer sur leur emplacement.

À cet effet, des schémas peuvent être consultés à l'entrée des postes de secours.

**Si malgré cela vous êtes pris dans un courant de baïne...**

- Essayez de ne pas paniquer ;
- Surtout ne luttiez pas, mais laissez le courant vous emporter même s'il vous conduit vers le large ;
- Pendant que vous vous laissez porter vers le large, signalez-vous par des mouvements de bras et attendez l'intervention des secours ;
- Profitez du moment où le courant faiblit pour sortir de la zone dangereuse en la contournant (voir schéma).

**Les courants (En règle générale) :**

- Il ne faut pas chercher à regagner à tout prix votre point de départ.
- Même si vous ressortez 300 mètres plus loin, vous serez sain et sauf.

**Renseignez-vous également sur la nature des courants de marées**

### Que faire face à une vague de bord ?

Les vagues de bord sont l'un des plaisirs favoris des baigneurs. Celles de faible amplitude sont amusantes, mais celles qui sont fortes peuvent blesser le baigneur à cause de leur sommet puissant.

**Conseils pour éviter l'accident**

À votre arrivée sur votre lieu de séjour, informez-vous sur les zones de baignades pour savoir si elles sont surveillées, dangereuses ou interdites

- Toujours traverser la vague en plongeant au travers ;
- Se mettre de profil lorsque la vague se casse ou qu'elle se présente par le sommet ;
- Il est conseillé aux baigneurs de faire attention aux séries de vagues qui entraînent le baigneur vers le fond ;
- Enfin, pour vous baigner dans les meilleures conditions, privilégiez les zones de plages surveillées par les maîtres nageurs sauveteurs.

**DRAPEAUX DE BAIGNADE**

Baignade autorisée sans surveillance	Baignade autorisée sous surveillance	Interdiction de la baignade

## **Serment d'Hippocrate**

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire. Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses : que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

## **Abstract**

Drowning is a frequent cause of accidental death in the world. In France, Gironde is a hazardous region because of rip currents, which can be encountered on the whole coast. Moreover, the Aquitanian beaches are a crowded during summer.

Rip current are determined by tide and wave conditions. Bathing depends on other parameters. We studied the call received on the emergency reception center (SAMU 33) from the beaches from january, 1<sup>st</sup> 2011 till december, 31<sup>st</sup> 2013, and compared the calls depending on whether they concerned a drowning or not.

We analysed 2 624 calls, including 266 consecutive to drowning. Individual conditions are similar in the two groups. A few environmental parameters are determinant for drowning. First, the wave factor (wave height times wave period) and the wave direction are crucials. The air temperature, which is probably implied in the exposure, decreases the risk when below 21°C. A wind speed above 6.1 m.s<sup>-1</sup> increases the risk of drowning. The period around the low tide is at risk and high tidal ranges shift the risk toward the rising tide.

We then studied those parameters in a predictive model to assess the risk of drowning for a given day. It could lead to a new approach of drowning prevention, however further work is needed to evaluate this model.

Keywords : drowning ; rip current ; SAMU

# Noyades sur le littoral océanique girondin

## Étude rétrospective des conditions de noyade de 2011 à 2013

### Résumé

La noyade est une cause fréquente de mortalité accidentelle. La Gironde est une région à risque du fait d'une forte fréquentation touristique et du risque particulier inhérent aux baïnes. Celles-ci engendrent des courants d'arrachement à l'origine de noyades. Ces courants sont influencés par la houle et la marée. L'exposition au risque — la baignade — dépend d'autres facteurs environnementaux.

Nous avons étudié les appels passés au SAMU 33 provenant des plages du littoral océanique girondin exposé à la houle, du 1<sup>er</sup> janvier 2011 au 31 décembre 2013, et comparé les appels consécutifs à une noyade aux autres.

Sur 2 624 appels, 266 concernent une noyade, dont 15 de stade 6. L'âge et le sexe sont similaires dans les deux groupes. Le risque de noyade est accru lors des heures autour de la marée basse, lorsque le facteur de vague (produit de la période des vagues et de leur hauteur) augmente et lorsque la houle est perpendiculaire à la côte. La force du vent et le lieu jouent également un rôle. Par ailleurs, une température de l'air inférieure à 21°C diminue fortement ce risque. Les heures de marée à risque sont influencées par le marnage. Ces mécanismes sont en rapport avec les formations de courant d'arrachement.

Dans une deuxième partie, nous avons étudié un modèle de prédiction du risque de noyade. Cependant, des travaux supplémentaires sont nécessaires pour évaluer ce modèle. Cette étude a mis en évidence l'influence des facteurs environnementaux, en particulier la houle, sur le risque de noyade.

Mot-clés : noyade ; baïne ; SAMU ; facteurs de risques