

# Séries temporelles d'états de mer et de niveaux d'eau

## Sommaire

---

<b>3.1</b>	<b>Séries temporelles d'états de mer liées aux vagues</b>	<b>24</b>
3.1.1	Séries issues de mesures de bouées houlographiques	24
3.1.2	Séries issues de simulations numériques	26
<b>3.2</b>	<b>Séries temporelles de niveaux d'eau</b>	<b>29</b>
3.2.1	Marégraphes	29
3.2.2	Réanalyse	30
<b>3.3</b>	<b>Format des données</b>	<b>33</b>

---

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la notion d'état de mer permet de résumer l'état de surface de l'océan en un lieu donné sur une courte période (typiquement, une trentaine de minutes) à l'aide de diverses variables, comme, par exemple, la hauteur de vague significative  $H_s$ , la période pic  $T_p$  ou la direction  $\theta_m$ . Le niveau d'eau  $\eta$  vient compléter les variables d'état de mer pour former ce que l'on appelle dans ce document les variables d'aléa. Rappelons qu'il existe également des variables transformées ou agrégées (par exemple, le flux  $P$ ), qui peuvent se révéler pertinentes d'un point de vue physique.

Afin de réaliser l'objectif de ce travail de thèse, c'est-à-dire, comprendre le lien existant entre les variables d'aléa et la submersion éventuelle en un point du littoral, il faut disposer de séries temporelles de données décrivant simultanément l'état de l'océan et la submersion au lieu considéré. Dans ce chapitre, les séries temporelles horaires d'états de mer et de niveau d'eau disponibles pour la côte basque depuis approximativement 1950 seront décrites. Les séries temporelles liées à la submersion et aux dégâts à la côte feront l'objet du chapitre 5.

En ce qui concerne les vagues, les séries temporelles à disposition proviennent soit de l'observation directe de l'état de l'océan par le biais de bouées de surface, soit de simulations numériques réalisées à partir de champs de vents. Ces séries temporelles seront décrites dans la première section. Pour ce qui est du niveau d'eau, la

deuxième section expliquera comment les données de marégraphes peuvent être complétées à l'aide de calculs déterministes pour obtenir des séries temporelles de niveau d'eau pour de longues périodes de plusieurs dizaines d'années.

### 3.1 Séries temporelles d'états de mer liées aux vagues

Dans un premier temps, nous allons décrire les données existantes concernant les vagues pour la côte basque. Les observations réalisées à partir de systèmes de mesures sur place seront complétées par des simulations numériques. Cela permettra d'obtenir des jeux de données ayant une couverture temporelle suffisamment importante pour espérer établir par la suite un lien avec les dommages à la côte.

#### 3.1.1 Séries issues de mesures de bouées houlographiques

Les mesures par bouées houlographiques permettent de récupérer le signal de l'élévation de la surface de l'eau en fonction du temps en un point précis. La mesure de l'évolution de la surface libre est en général basée sur l'utilisation d'accéléromètres qui permettent par intégration successives de reproduire le mouvement de la bouée de surface suivant les 6 degrés de liberté. Les méthodes statistique ("vague par vague") et spectrale décrites dans les sections 2.3.1 et 2.3.2, respectivement, sont donc applicables afin d'obtenir une synthèse de ce signal sur la fenêtre temporelle choisie (typiquement, trente minutes) et calculer les descripteurs d'états de mer comme  $H_s$ ,  $T_p$ , etc, introduits dans le chapitre précédent.

En France, le CEREMA, service technique du Ministère de l'Écologie avec l'aide des centres de recherche, a déployé le réseau de bouées CANDHIS (Centre d'Archivage National de Données de Houle *In Situ*) pour répondre aux problématiques liées à l'ingénierie côtière (risques, navigation, dimensionnement d'ouvrages,...) et obtenir des données d'observation pour les besoins de la recherche. Ce réseau couvre actuellement 19 points le long des côtes françaises.

Le CEREMA prend en charge le déploiement des bouées. Pour chaque bouée, une série temporelle de descripteurs d'états de mer (pour les vagues uniquement) est calculée. Selon la technologie de la bouée considérée, toutes les variables ne seront pas fournies. Il faut noter que cette série temporelle est corrigée afin de retirer les valeurs aberrantes liées par exemple à l'entretien des bouées ou aux collisions avec ces dernières. Même si la fenêtre temporelle d'observation pour un état de mer est toujours de vingt ou trente minutes, les pas de temps entre deux états de mer dans la série peuvent varier selon les campagnes et les période de mesures. Les données sont stockées sur des serveurs et accessibles via le site web de CANDHIS. L'ensemble des méthodes liées aux mesures par bouée en France est résumée dans la documentation du CEREMA [14].

On dénombre trois campagnes concernant le Pays basque français avec des bouées localisées approximativement en face de Bayonne, Anglet et Saint-Jean-de-

	Bayonne	Anglet	Saint-Jean-De-Luz
Latitude	043°32,800'N	043°31,930'N	043°24,500'N
Longitude	001°32,600'W	001°36,900'W	001°40,900'W
Début	09/11/1989	24/11/2009	24/04/2013
Fin	25/07/1994	20/06/2017	23/07/2017
Profondeur (m)	20.0	50.0	20.0
Distance à la côte (km)	1.1	5.3	1.6

TABLEAU 3.1 – Les bouées du réseau Candhis utilisées dans le cadre de cette étude. Seule la bouée de Bayonne a cessé de fonctionner. Les dates correspondent à la fenêtre de temps utilisé dans ce document pour ces bouées.

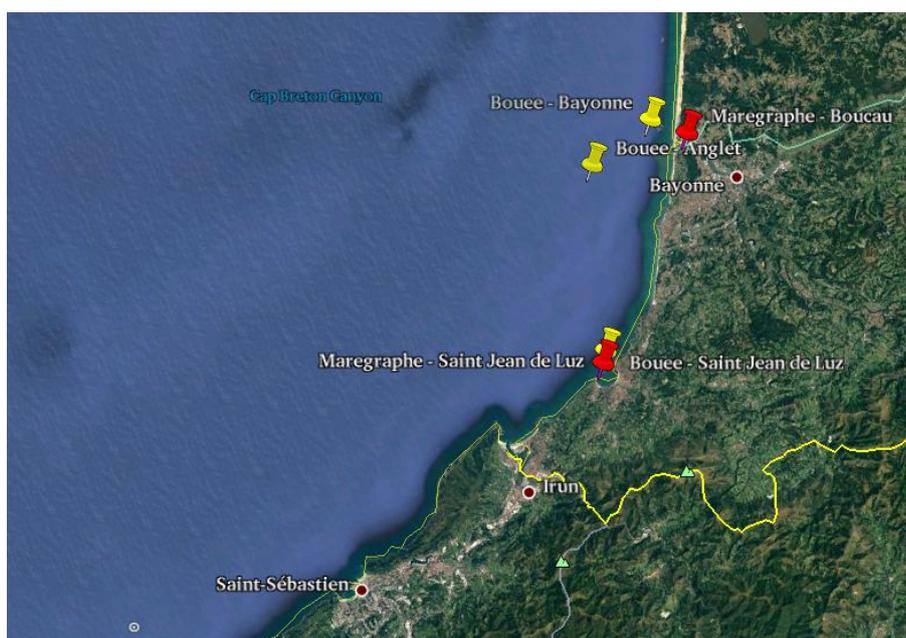


FIGURE 3.1 – Situations des bouées de mesures et des marégraphes pour le Pays basque français. Image réalisée grâce à Google Earth.

Luz. Les caractéristiques de ces campagnes sont détaillées dans le tableau 3.1. Sur l'image de la figure 3.1 détaille la répartition des bouée par rapport à la côte.

Compte tenu de la technologie utilisée et des qualifications de l'exploitant, une bonne confiance sera accordée aux séries temporelles d'états de mer obtenues à partir des bouées. Nous verrons au chapitre 4 qu'elles pourront ainsi servir de référence pour évaluer la qualité de simulations d'états de mer. Plusieurs inconvénients importants peuvent néanmoins être soulignés pour ce qui est de l'objectif poursuivi dans ce travail comme le montre le tableau 3.1 : le nombre de campagnes est faible, la couverture spatiale n'est pas très importante et, surtout, la couverture temporelle est également limitée. Ainsi, les trois campagnes ne couvrent que quelques années, ce qui est plutôt limitant dans le cadre d'une étude historique.

Pour notre étude, seules les séries temporelles issues de la bouée d'Anglet et de la bouée de Saint-Jean-de-Luz seront utilisées en tant que données d'observations au large. Dans la suite du document, ces séries seront notées **BOUEE.ANG** et

BOUEE.SJL, respectivement.

### 3.1.2 Séries issues de simulations numériques

La section précédente montre qu'il ne sera pas possible, dans le cadre d'une étude sur plusieurs dizaines d'années, de compter uniquement sur les séries temporelles d'états de mer obtenues à partir de bouées de mesure de l'état de mer. Pour remédier à cela, deux séries temporelles d'états de mer simulées seront utilisées. Les modèles physiques utilisés pour reproduire les mouvements des vagues seront succinctement présentés dans les sections suivantes mais le point de vue sera plutôt axé sur l'utilisation des données simulées.

Le principe de base pour reproduire le mouvement des vagues est d'utiliser des séries temporelles simulées de champs de vents obtenues grâce à des réanalyses réalisées à l'aide de données de températures. Les modèles numériques de génération et de propagation de la houle spectrale sont basés sur une approche linéaire de la houle [34] et la conservation de la densité d'action des vagues [33] avec l'introduction de termes source (pour la génération notamment) et puits (i.e., frottement sur le fond, déferlement) sur une grille de points qui représente le domaine océanique étudié. La résolution du système d'équation sur une grille spatiale, temporelle et spectro-angulaire permet de calculer l'évolution du spectre d'énergie dans le domaine étudié. Et ainsi, *in fine*, d'estimer les descripteurs d'états de mer comme  $H_s$ ,  $T_p$ , etc, en fonction du temps. En plus d'utiliser des champs de vent, ces simulations utilisent d'autres variables d'entrée, comme les courants marins ou la bathymétrie (mesure de la topographie des fonds marins) à un endroit donné. De manière générale, les simulations présentent des biais liées aux données utilisées en entrée. En effet, les différentes technologies utilisées pour recueillir ou produire les données de vent n'ont pas la même fiabilité en fonction de l'époque. Par exemple, avant les années 1970, il n'y avait aucun satellite lié aux données météorologiques, ce qui rend la qualité des données non homogène sur l'ensemble de la période étudiée.

Dans ce travail, deux séries temporelles simulées d'états de mer (restreints aux variables liées aux vagues et sans le niveau d'eau) ont été utilisées. Les deux jeux de données ont des caractéristiques différentes, détaillées dans les sections suivantes. L'avantage principal de ces simulations est qu'elles permettent d'avoir une couverture temporelle plus longue (tout en couvrant une zone sensiblement plus grande que celle où se trouvent les trois bouées).

#### 3.1.2.i Simulation Homere

Les simulations HOMERE ont été réalisées par les équipes de l'IFREMER dans le but de décrire les états de mer dans le Golfe de Gascogne. Deux versions ont été proposées pour couvrir la période 1994-2012 puis la période 2012-2016. Les séries temporelles ont été simulées grâce au code de calcul WAVEWATCH III qui utilise un schéma de propagation sur grille non structurée. Le paramétrage est celui proposé lors du projet de recherche IOWAGA (Integrated Oceans WAVes Geophysical

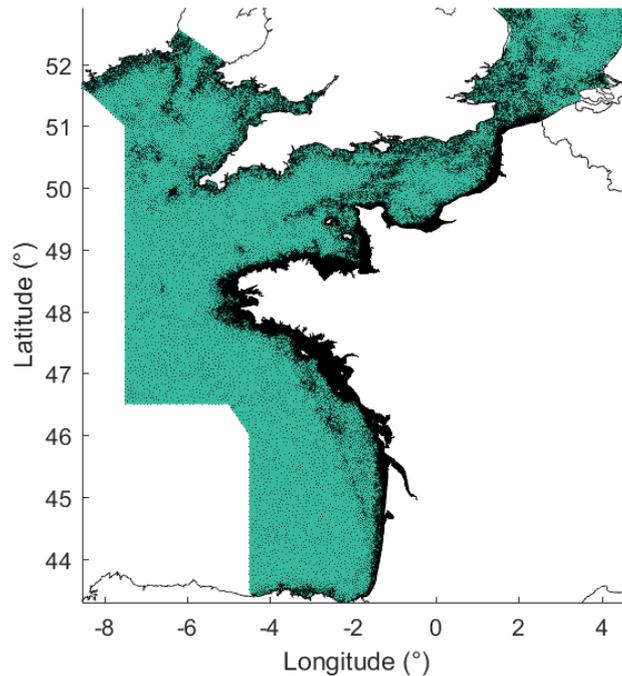


FIGURE 3.2 – Domaine couvert par le maillage du modèle HOMERE.

and other Applications). Le détail des paramètres utilisés est décrit dans le rapport de ce projet [11] et ne sera pas présenté ici. La bathymétrie provient des travaux du SHOM et de l'IFREMER (voir [5]). Les champs de vents sont issus des réanalyses CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) décrites par Saha [26]. Enfin, les courants et niveaux d'eau ont été calculés par le modèle hydrodynamique MARS 2D de l'IFREMER (voir [1] et [49]). La figure 3.2 montre la grille de points utilisée pour faire tourner cette simulation.

Dans la suite du document, les séries temporelles issues de la simulation HOMERE seront préfixées par **HOM**. Par exemple, **HOM.ANG** désignera la série temporelle d'états de mers simulés correspondant au lieu où se situe la bouée d'Anglet. Il faut tout de même noter qu'au moment où ce document est rédigé, nous n'avons pas accès à l'intégralité des données issues de la simulation Homere. Des variables comme  $T_p$  n'ont pas pu être extraites. De plus le recouvrement temporel avec la bouée de Saint-Jean-de-Luz n'est pas suffisant pour que les données soient exploitées pour ce point.

### 3.1.2.ii Simulation WWMII

La deuxième simulation utilisée dans ce travail sera appelée WWMII (pour les raisons données ci-après) et couvre la période 1949-2015. Les séries temporelles d'états de mer correspondantes sont obtenues grâce à un modèle couplé entre un modèle de circulation 2D horizontal basé sur Selfe [67] et sur le modèle spectral de vagues Wave Wind Model II [66]. Le modèle est ainsi forcé par les vents et pressions de la réanalyse NCEP/NCAR [22]. La simulation est réalisée sur le maillage de la figure 3.3. À noter que les champs de vent utilisés dans le modèle WWMII sont de

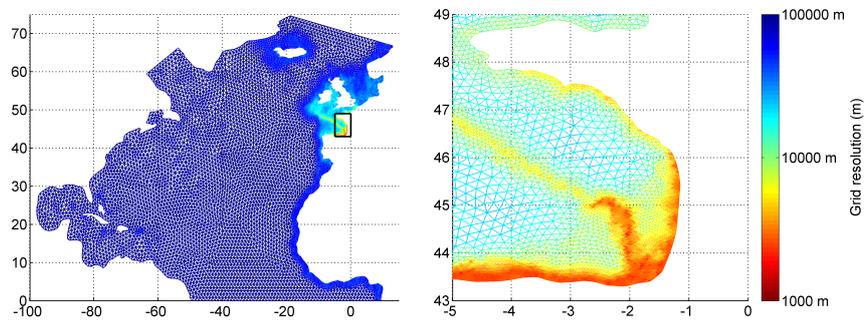


FIGURE 3.3 – Maillage utilisé pour la simulation WWMII. La figure de gauche montre la zone de l’Océan Atlantique concernée et la figure de droite montre le zoom sur le domaine correspondant au Golfe de Gascogne. L’échelle de couleur décrit la taille des mailles utilisées dans chaque secteur du domaine [66].

qualité homogène sur toute la durée de simulation [66].

Les séries temporelles d’états de mer (restreints aux vagues) issues de cette simulation seront préfixées par le symbole **WWMII**. Par exemple, **WWMII.SJL** désignera les séries correspondant au point de la bouée de Saint-Jean-de-Luz.

### 3.1.2.iii Caractéristiques spatiales et temporelles des simulations

Simulation	HOMERE	WWMII
Date début	09/11/1989 18 :00	01/11/1949 00 :00
Date fin	31/12/2016 23 :00	31/12/2014 00 :00

TABEAU 3.2 – Tableau résumant les caractéristiques temporelles des deux simulations utilisées.

Le tableau 3.2 et les figures 3.2 et 3.3 détaillent les étendues spatiales et temporelles des deux modèles de simulation. Pour chaque simulation, les données de sortie sont des séries temporelles d’états de mer (restreints aux vagues) correspondants donnant l’évolution de  $H_s$ ,  $T_p$ , etc, au cours du temps avec un pas de temps de trois heures sur toute la durée de simulation pour chaque point du maillage.

### 3.1.2.iv Biais des simulations

Un inconvénient possible de ces séries temporelles simulées est leur possible biais. En effet, pour réaliser une simulation numérique reproduisant le mouvement des vagues sur une longue période de temps, il faut une grande puissance de calcul. Pour avoir des temps de calculs raisonnables, un compromis en termes de maillage est généralement imposé. Cela peut ainsi conduire à des baisses de qualité des simulations dans certaines situations. D'autre part, il n'est pas certain que les schémas numériques utilisés ne dégradent pas également parfois la précision de la solution ou de manière plus drastique que les équations utilisées (théorie linéaire des vagues. . .) permettent une description fidèle de la réalité. Par exemple, comme nous le verrons dans le chapitre 4, les simulations numériques semblent avoir tendance à sous-estimer les hauteurs des vagues durant les événements extrêmes. Il sera néanmoins possible d'utiliser les états de mer réellement observés issus des mesures houlographiques pour corriger les séries temporelles simulées. Ces méthodes seront présentées au chapitre 4.

## 3.2 Séries temporelles de niveaux d'eau

Comme cela a été évoqué dans la section 2.4.2, en plus de l'intensité des vagues, il est naturel de tenir compte du niveau d'eau pour étudier les événements de submersion. L'objectif de cette section est d'expliquer comment, en un lieu fixé, le niveau d'eau moyen caractérisant un état de mer peut être calculé.

Comme pour les vagues, nous allons d'abord faire le point sur les données existantes issues d'observations puis nous intéresser aux possibilités de réanalyse permettant d'obtenir des séries temporelles sans données manquantes adaptées à la durée de notre étude.

### 3.2.1 Marégraphes

Un marégraphe est un appareil utilisé pour obtenir des observations *in situ* du niveau d'eau. Différentes technologies (utilisant une échelle, un flotteur, un capteur acoustique ou un capteur de pression) existent. Quel que soit le principe sous-jacent, le signal est traité pour filtrer l'effet des vagues et ainsi obtenir une valeur qui correspond au niveau d'eau  $\eta_t$  au lieu considéré à un temps  $t$ .

Pour l'étude présentée dans ce document, les mesures des marégraphes de So-coa et de Boucau ont été utilisées. Comme le montre le tableau 3.3, les données d'observations marégraphiques existent depuis plus longtemps que les données d'observations houlographiques. Malheureusement, même si les périodes couvertes sont a priori compatibles avec notre étude, les séries temporelles disponibles ne sont pas directement exploitables à cause du fort pourcentage de données manquantes, conséquence de problèmes matériels inhérents à l'observation *in situ*. L'image de la figure 3.1 montre la position des marégraphes considérés dans cette étude.

Nom	Latitude	Longitude	Début campagne	Données manquantes (%)
Boucau	43.52732	-1.51483	22/05/1967	18.2
Socoa	43.39524	-1.68162	21/11/1942	42.7

TABLEAU 3.3 – Caractéristiques des marégraphes et des mesures associées disponibles pour l'étude. Le pourcentage de données manquantes est également indiqué.

Dans la suite du document, les séries temporelles incomplètes de niveau d'eau des marégraphes de Saint-Jean de Luz/Socoa et Boucau seront désignées respectivement par **MAR.SOCOA** et **MAR.BOUCAU**. Les données des deux marégraphes sont homogènes, la différence entre les deux niveaux d'eau ne montre pas une variabilité spatiale significative. De plus, le marégraphe de Boucau présente des biais liés à sa présence dans l'embouchure de l'Adour. En effet, le débit du fleuve peut conduire à des changements dans la variable  $\eta$  qui ne sont pas induits par les mouvements océaniques que l'on souhaite mesurer.

### 3.2.2 Réanalyse

Afin d'obtenir des séries temporelles complètes de valeurs du niveau d'eau couvrant toute la durée de l'étude, une méthode de réanalyse est proposée dans cette section.

Nous considérons dans la suite un lieu fixé, par exemple celui où se trouve le marégraphe de Boucau. Notons  $T$  l'ensemble des dates (avec un pas de temps horaire) pour lesquelles nous souhaitons disposer de la valeur du niveau d'eau. L'ensemble  $T$  peut s'écrire comme  $T_1 \cup T_2$ , où  $T_1$  est l'ensemble des dates pour lesquelles une observation du niveau d'eau est disponible et  $T_2$  est l'ensemble des dates pour lesquelles l'observation du niveau d'eau est manquante. Nous allons expliquer comment estimer précisément le niveau d'eau  $\eta_t$  à une date  $t \in T_2$  à partir de la série temporelle  $(\eta_t)_{t \in T_1}$  issue d'observations et des valeurs de la pression atmosphérique au lieu considéré  $(p_t)_{t \in T}$ .

Au lieu choisi, la valeur  $\eta_t$  du niveau d'eau à la date  $t$  peut s'écrire comme la somme de trois termes (comme le montre la figure 2.5) :

$$\eta_t = M_t + Z_{0,t} + S_t, \quad (3.1)$$

où  $M_t$  est la variation du niveau d'eau liée à la marée,  $Z_{0,t}$  est le niveau d'eau moyen sur les 30 derniers jours et  $S_t$  est la valeur de la surcote liée à la pression atmosphérique  $p_t$ .

Pour estimer la série  $(\eta_t)_{t \in T_2}$ , nous allons ainsi successivement estimer les séries  $(M_t)_{t \in T_2}$ ,  $(Z_{0,t})_{t \in T_2}$  et  $(S_t)_{t \in T_2}$ .

**Estimation de  $(M_t)_{t \in T_2}$**  Pour estimer  $M_t$ , pour  $t \in T_2$ , nous avons utilisé une approche harmonique d'estimation des influences des astres terrestre, lunaire et solaire [47] implémentée dans le script python de [56]. Cette méthode utilise la série

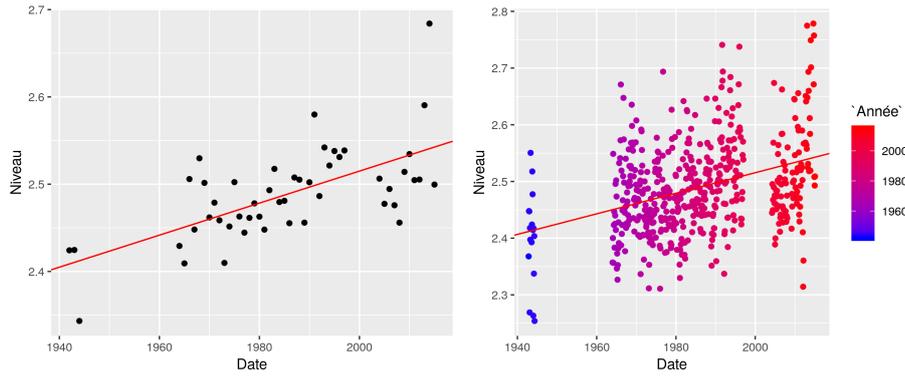


FIGURE 3.4 – Moyennes annuelles (à gauche) et mensuelles (à droite) du niveau d'eau en fonction du temps pour le marégraphe de Socoa. Les droites rouges sont les régressions linéaires des niveaux d'eau en fonction du temps.

temporelle  $(\eta_t)_{t \in T_1}$ . Elle extrait les composants harmoniques de cette série de niveaux d'eau et fournit en résultats les variations autour d'une référence marégraphique. Dans le cadre de cette étude, la référence choisie est *Mean Lower Low Water* qui correspond à la moyenne des hauteurs de la marée la plus basse enregistrée chaque jour pendant la durée d'un cycle lunaire (19 ans).

Ainsi, à partir de la série observée  $(\eta_t)_{t \in T_1}$ , nous obtenons une estimation de la série  $(M_t)_{t \in T_2}$ .

**Estimation de  $(Z_{0,t})_{t \in T_2}$**  La figure 3.4 montre les moyennes de niveau d'eau annuelles et mensuelles. Les tendances linéaires sont ajoutées en rouge sur les graphiques. Sur les 75 ans d'observations, une augmentation est constatée. On propose de modéliser celle-ci via une régression linéaire simple entre le niveau d'eau  $Z_{0,t}$  et le temps  $t$ ,  $Z_{0,t} = t \times A_1 + B_1$ , avec  $A_1$  et  $B_1$  les coefficients issues de la régression linéaire. Sur la figure de droite, une variation saisonnière est également observée. En effet d'un mois à l'autre le niveau moyen varie sensiblement. Pour calculer  $(Z_{0,t})_{t \in T_2}$ , deux choix sont alors possibles. Si la valeur manquante se situe dans un mois  $m$  où des données existent en quantité suffisante (un mois à 60% de données sera considéré suffisant),  $Z_{0,t}$  sera égal à  $\bar{Z}_{0,m}$ , la moyenne des niveaux d'eau du mois  $m$  en cours. Sinon la régression linéaire entre le niveau d'eau et le temps représentée par les droites rouges du graphique sera utilisée  $Z_{0,t} = t \times A_1 + B_1$ .

Ainsi, à partir de la série observée  $(\eta_t)_{t \in T_1}$ , nous obtenons une estimation précise de la série  $(Z_{0,t})_{t \in T_2}$ .

**Estimation de  $(S_t)_{t \in T_2}$**  Une exploration des données de pression atmosphérique provenant du NCEP *National Centers for Environmental Prediction* [22], l'agence américaine dont la mission est de centraliser les données environnementales pour la prévision météorologique, est réalisée. La pression atmosphérique est obtenue avec un pas de temps de six heures, une interpolation linéaire pour récupérer toutes les données de pression est donc nécessaire. La figure 3.5 montre le lien entre la

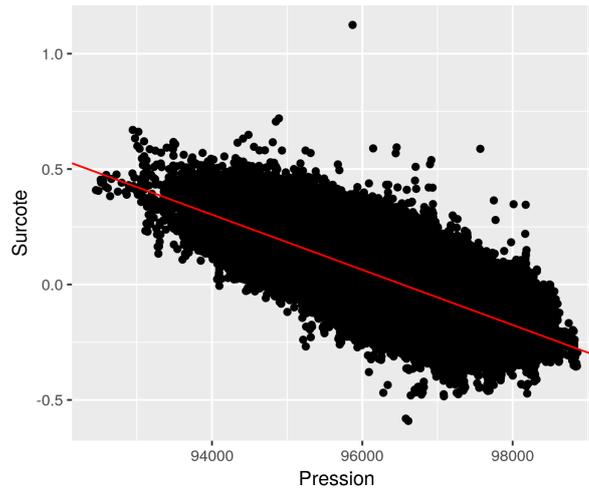


FIGURE 3.5 – Surcote (en m) en fonction de la pression (en  $P_a$ ) pour le point du marégraphe de Socoa. La tendance rouge est la régression linéaire simple entre les deux variables.

pression atmosphérique et la surcote à une même date  $t \in T_1$ . La surcote est obtenue par le calcul  $S_t = \eta_t - (Z_{0,t} + M_t)$ , avec la série de niveaux d'eau mesurées  $(\eta_t)_{t \in T_1}$  et les valeurs  $Z_{0,t}$  et  $M_t$  obtenues lors des paragraphes précédents (toujours pour  $t \in T_1$ ). La figure 3.5 suggère l'utilisation d'un baromètre inverse via une régression linéaire  $S_t = A_2 \times p_t + B_2$ , où  $A_2$  et  $B_2$  sont les coefficients obtenus via la régression linéaire. Les données  $(S_t)_{t \in T_2}$  seront obtenues en appliquant cette régression linéaire grâce à  $(p_t)_{t \in T_2}$ .

Ainsi, à partir des séries observées  $(\eta_t)_{t \in T_1}$  et  $(p_t)_{t \in T}$ , nous avons été en mesure d'obtenir une estimation de la série  $(S_t)_{t \in T_2}$ .

Il est naturel de s'interroger sur la précision de l'estimation de la série temporelle  $(\eta_t)_{t \in T_2}$  obtenue par la méthode ci-dessus. Nous reviendrons sur cet aspect dans le chapitre 4.

En effet, plusieurs biais peuvent être notés. Le terme  $Z_{0,t}$  est un modèle très simpliste des variations saisonnières et de l'évolution globale du niveau de la mer due au changement climatique. Ensuite, l'évaluation de la surcote est aussi simplifiée et n'utilise que la pression atmosphérique. Enfin, les variations locales dues aux vagues et aux courants notamment ne sont pas comptabilisés ici. En revanche, dans le cadre d'une étude comme celle-ci et étant donnés les résultats qui seront présentés dans la section 4.2.3, cette réanalyse apporte des données complètes tout à fait satisfaisantes.

À titre de comparaison, la formule (3.2) calcule le niveau d'eau sans tenir compte de la surcote et du changement climatique.

$$\eta(t) = Z_0 + M_t \quad (3.2)$$

avec  $Z_0$  la moyenne de l'ensemble des mesures d'un marégraphe.

Dans la suite du document, ces jeux de données calculés par la formule (3.1) seront référencés par les symboles **C1.BOUCAU** et **C1.SOCCA**. Les jeux de données provenant quant à eux de la formule (3.2) seront notés **C2.BOUCAU** et **C2.SOCCA**.

Du point de vue de la qualité des données, la formule (3.1) ne prend pas en compte la surcote liée au vent. En effet, dans un environnement comme le Pays Basque, cette composante est négligeable compte tenu de la configuration de la bathymétrie. Cependant, ce type de méthode ne pourra pas être appliqué en d'autres lieux comme le pertuis charentais [66]. De plus, cette formulation ne prend pas en compte toutes les variations saisonnières existantes pour le niveau d'eau (crues, températures...).

### 3.3 Format des données

Nous avons présenté ci-dessus les différentes sources de données. À partir des données observées et des réanalyses, nous avons été en mesure d'obtenir, pour plusieurs lieux d'intérêt de la côte basque, des séries temporelles horaires complètes de variables caractérisant les états de mer sur toute la période d'étude considérée (approximativement de 1950 à nos jours). À partir de ces séries temporelles caractérisant l'évolution de l'état de la mer, il est possible de calculer les variables transformées introduites dans la section 2.4.3 comme le run-up  $R_{2\%}$  défini dans (2.7) et le flux d'énergie des vagues local  $P$  défini par (2.6). Pour un lieu donné et pour un intervalle de temps  $[t_{min}, t_{max}]$ , la série temporelle multivariée disponible pour notre étude peut être résumée par le tableau 3.4. Il faut noter que les valeurs au point du marégraphe de Socoa seront les seules utilisées. En effet, la variabilité le long de la côte basque est négligeable pour la variable  $\eta_t$ . Cette variable est donc considérée comme suffisamment homogène le long de la côte basque française pour être significative en tout endroit.

Date $t$	$H_s$	$T_{m10}$	$T_p$	$\eta_t$	$R_{2\%}$	$R_W$	$R_L$	$P$	$\theta_m$
$t_0$									
...									
$t_f$									

TABLEAU 3.4 – Exemple de tableau final pour un jeu de données (mesuré ou simulé) correspondant à un point (une bouée par exemple).

Compte tenu des possibilités accordées par les simulations numériques et les méthodes de calcul du niveau d'eau, il est possible d'obtenir des jeux de données homogènes sur la durée d'étude et suffisamment complets pour faire une analyse comparée avec les données de dégâts existantes sur des zones étudiées. Néanmoins la réalité n'étant pas nécessairement bien représentée par les modèles, une série d'outils de validation et de correction sera présentée au chapitre suivant. Les résultats de l'utilisation de ces méthodes sur les jeux de données disponibles ici y seront détaillés. Cela aura pour conséquence de permettre de proposer des jeux de don-

nées représentatifs de la réalité dont les biais seront connus et donc pour lesquels une bonne confiance sera accordée.