

Revista de
**Investigación
Marina**

[25.2]

UHINAK 2018.

Ficoba, Irun.

Martxoak 6-7 • 6-7 marzo
6-7-mars • March 6-7

Klima Aldaketa eta Itsasertzari
buruzko Mugaz gaindiko III. Biltzarra.
Laburpen zabalak

III Congreso transfronterizo sobre
Cambio Climático y Litoral.
Abstracts extendidos

III Congrès transfrontalier sur le
Changement Climatique et Littoral.
Abstract étendue

III Cross border conference on
climate and coastal change.
Extended abstracts



Editor: Javier Franco

UHINAK 2018. Ficoba, Irun. Martxoak 6-7. 6-7 marzo. 6-7-mars. March 6-7. Klima Aldaketa eta Itsasertzari buruzko Mugaz gaindiko III. Biltzarra. Laburpen zabalak. III Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litoral. Abstracts extendidos. III Congrès transfrontalier sur le Changement Climatique et Littoral. Abstract étendue. III Cross border conference on climate and coastal change. Extended abstracts. Revista de Investigación Marina, AZTI, 25(2): 32-113

La serie '*Revista de Investigación Marina*', editada por la Unidad de Investigación Marina de AZTI, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

Editor: Javier Franco

Adjuntos al Editor: Edorta Aranguena e Irantzu Zubiaur

Comité Editorial: Haritz Arrizabalaga
Oihane C. Basurko
Ángel Borja
Guillem Chust
Almudena Fontán
Ibon Galparsoro
Arantza Murillas

La '*Revista de Investigación Marina*' de AZTI edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de AZTI. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico jafranco@azti.es. Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.^a Marzo 2018

© AZTI

ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: www.azti.es

Edita: Unidad de Investigación Marina de AZTI

Herrera Kaia, Portaldeia

20110 Pasaia

Foto portada: Beatriz Beldarrain (huevos de sardina, *Sardina pilchardus*, en estadio VIII de desarrollo; proceden de una muestra obtenida mediante lance vertical con red Pairovet en una campaña BIOMAN en el Golfo de Bizkaia). © AZTI

© AZTI 2018. Distribución gratuita en formato PDF a través de la web: www.azti.es/RIM

UHINAK.

Klima Aldaketa eta Itsasertzari buruzko Mugaz gaindiko III. Biltzarra

2018eko martxoak 6-7.

FICOBA, IRUN

Sarrera

Uhinak klima-aldeketa eta itsasertzari buruzko mugaz gaindiko eta arku atlantikoan oinarritutako kongresua da. Ficoba-k eta AZTI-k bultzatutako kongresu honen lehenengo edizioa 2015an ospatu zen. Kongresuaren jatorria mugaren bi aldetako euskal kostaldeko 2013 eta 2014ko ekaitzen inpaktuaren eta IPCC-eko (Intergovernmental Panel on Climate Change) 5. txosteneko 2013-2014ko argitalpenean dago. Ekaitzek baliabide naturalak degradatu zituzten, itsasbazterreko lan asko hondatuz, eraikinak urperatuz, itsasertzean ezarritako jarduera ekonomikoetan zurrara sortuz eta ondareen eta pertsonen segurtasuna arriskuan jarriz. Bestalde, IPCC-eko 5. txostenak klima-aldeketa jatorri antropogenikoan ziurtasun gehiago eta itsasoaren maila igoeraren proiekzio kezkagarriago batzuk azaldu zituen. Izen ere, Muturreko fenomenoak klima-aldeketa motel baina gradualarekin konbinatzean inpaktuak handitu eta errepikagarriagoak egin ditzake.

Kongresua, 2016ko ediziotik, bi urtero ospatzen da, klima-aldeketa eta muturreko fenomenoek itsasertzan duten eraginaz, kudeatzaileen beharretaz eta hauek konpontzeko mundu zientifikoak egin ditzazken ekarpenetan zentratuz. Hortarako, Uhinak itsasoko adituena, kudeatzaileen eta erabiltzaileen arteko sare bat sortu nahi du muturreko klimaren eraginaren aurrean konponbide-bilaketa errazteko. Uhinak hazten joan da bere esparru geografikoan, euskal kostaldean lehenik eta behin zentratuta, gero Bizkaiko Golkoan eta orain arku atlantikoan.

Uhinak-en hirugarren edizio hau Ficoban, Irungen, 2018ko martxoaren 6 eta 7an ospatzen da eta adituengatik 12 mintegi eta 35 komunikazio baino gehiago biltzen ditu. Gainera edizio honetan Itsas Ikerketa Aldizkariko (RIM) zenbaki berezi bat argitaratuko da. Tratatutako gaiak lau bloketan egituratzen dira, alegia klima-aldeketa, itsasbazterreko muturreko fenomenoak, ekonomia urdina, eta kudeaketarako eta erabaki-hartzeko erremintak. Azken finean, helburua zientzialarien eta kudeatzaileen ikuspegia hiritarren arazoetara hurbiltzea da.

Guillem Chust Peters

Julien Mader

Adolfo Uriarte

AZTI

UHINAK

III Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litoral

6 – 7 marzo 2018

FICOBA, IRUN

Introducción

Uhinak es un congreso transfronterizo de cambio climático y litoral del arco atlántico promovido por Ficoba y AZTI, cuya primera edición se celebró en 2015. El origen del congreso hay que buscarlo probablemente en la combinación del impacto de los temporales de 2013 y 2014 en la costa vasca a ambos lados de la frontera y la publicación en 2013-2014 del 5º informe del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Los temporales degradaron medios naturales, deteriorando múltiples obras costeras, inundando edificios, impactando en las actividades económicas implantadas en el litoral y llegando incluso a poner en peligro la seguridad de los bienes y personas. Por otra parte, el 5º informe del IPCC desvelaba más certidumbre en el origen antropogénico del cambio climático y unas proyecciones más alarmantes en ascenso del nivel medio del mar. Es precisamente la posibilidad de que se combinen los fenómenos extremos con el lento pero gradual cambio climático global que hace que los impactos puedan magnificarse y ser más recurrentes en un futuro.

El congreso es bienal desde la edición de 2016 y gira en torno a cómo afecta el cambio climático y los fenómenos extremos al litoral, centrándose en conocer las necesidades de los gestores y ver qué puede aportar el mundo científico para solucionarlas. Para ello, Uhinak pretende establecer y reforzar una red entre expertos, gestores y usuarios del mar y de la costa que facilite la búsqueda de soluciones para la mitigación de los efectos del clima extremo. Manteniendo su tema central, Uhinak ha ido creciendo en su ámbito territorial, primero centrado en la costa vasca, para después abarcar todo el litoral del Golfo de Bizkaia y ahora del arco atlántico.

Esta tercera edición de Uhinak se celebra el 6 y 7 de marzo de 2018 en Ficoba, Irún, y reúne 12 seminarios de expertos invitados y más de 35 comunicaciones. Esta edición además incorpora la publicación de un número especial dedicado al congreso de la Revista de Investigación Marina (RIM). Los temas tratados se estructuran en cuatro bloques que cubren los fundamentos y retos del cambio climático, los fenómenos costeros extremos, la economía azul y mitigación, y las herramientas de gestión y toma de decisión. Se trata, en definitiva, de aproximar la visión de los científicos y de los gestores a los problemas de la ciudadanía.

Guillem Chust Peters

Julien Mader

Adolfo Uriarte

AZTI

UHINAK

III Congrès transfrontalier sur le Changement Climatique et Littoral

6 – 7 mars 2018

FICOBA, IRUN

Introduction

Uhinak est un congrès transfrontalier sur le changement climatique et le littoral de l'Arc Atlantique promu par FICOBA et AZTI, dont la première édition a eu lieu en 2015. L'origine du Congrès remonte probablement à la combinaison de l'impact des tempêtes de 2013 et 2014 sur la côte Basque des deux côtés de la frontière, et de la publication en 2013-2014 du 5ème rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Les tempêtes ont dégradé les milieux naturels, endommageant de multiples ouvrages côtiers, inondant des bâtiments, impactant les activités économiques implantées sur la côte et mettant même en péril la sécurité des biens et des personnes. Le 5ème rapport du GIEC a révélé plus de certitude quant à l'origine anthropique du changement climatique et des projections plus alarmantes de l'élévation du niveau moyen de la mer. C'est précisément la possibilité de voir se combiner des phénomènes extrêmes avec le changement climatique global lent mais progressif qui fait que les impacts puissent être amplifiés et plus récurrents à l'avenir.

Le congrès est biennal depuis l'édition 2016 et tourne autour de la façon dont le changement climatique et les événements extrêmes affectent la côte, en cherchant en priorité à connaître les besoins des gestionnaires et à étudier ce que le monde scientifique peut fournir pour les résoudre. Pour ce faire, Uhinak vise à établir et renforcer un réseau entre experts de la mer et de la côte et gestionnaires et utilisateurs pour faciliter la poursuite des travaux de recherche de solutions aux effets des phénomènes météorologiques extrêmes et de l'adaptation au changement climatique. En gardant son thème central, Uhinak a grandi dans sa portée territoriale, d'abord concentrée sur la côte basque, pour ensuite englober tout le littoral du golfe de Gascogne et maintenant l'Arc Atlantique.

Cette troisième édition d'Uhinak est célébrée les 6 et 7 mars 2018 à FICOBA, Irún, et rassemble 12 séminaires d'experts invités et plus de 35 communications. Cette édition comprend également la publication d'un numéro spécial de la Revue de Recherche Marine (*Revista de Investigación Marina*, RIM) consacré au congrès avec 22 résumés étendus de 3 pages. Les sujets abordés sont structurés en quatre blocs qui couvrent les fondements et les défis du changement climatique, les phénomènes côtiers extrêmes, l'économie bleue et l'atténuation, ainsi que les outils de gestion et la prise de décision. Bref, il s'agit de rapprocher la vision des scientifiques et les moyens disponibles des gestionnaires face aux problèmes des citoyens.

Guillem Chust Peters

Julien Mader

Adolfo Uriarte

AZTI

UHINAK

III Cross border conference on climate and coastal change

March 6 – 7, 2018

FICOBA, IRUN

Introduction

Uhinak is a cross border congress on climate change and the coast of the European Atlantic area organized by Ficoba and AZTI. The first edition was held in 2015. The beginnings of the congress were motivated by the joint effect of storminess in 2013 and 2014 in the cross-border Basque coast and the publication of the 5th assessment report by the IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). The wave storms affected the natural habitats and the economic activities in the littoral, damaging coastal infrastructures, floods in buildings, and threatened goods and human beings. The IPCC 5th assessment report revealed that human influence on the climate system is clear, and the projections of sea level rise are larger than in the 4th assessment report. The slow but continuous global climate change can indeed exacerbate the impacts of extreme events.

This congress is biennial since 2016 and deals with the way climate change and extreme weather phenomena affect coastal areas, focused on knowing the needs of stakeholders facing climate change and how scientists can provide solutions. In order to achieve this objective, Uhinak sets out a multidisciplinary approach that brings together the different stakeholders: scientists, technicians, and administrations. Uhinak has enlarged its coverage throughout the editions, first addressing the Basque coast, then the Bay of Biscay littoral, and now the European Atlantic area.

In this third edition, Uhinak is held in March 6-7, 2018 in Ficoba, Irún, Spain, and meets 12 invited speakers and more than 35 communications. This edition includes also a publication of a special issue of the Marine Research Journal (*Revista de Investigación Marina*) on the congress with 22 extended abstracts of 3 pages each. The research lines addressed are structured in four themes that cover: climate change science and its challenges, extreme events and action, blue economy and climate change mitigation, and governance and management and decision-making tools. In summary, the aim is to join the vision of scientists and the available means of managers to solve or mitigate the climate-induced problems.

Guillem Chust Peters

Julien Mader

Adolfo Uriarte

AZTI

Batzar teknikoa / Comité técnico / Comité technique / Technical committee

Ander Sarratea - FICOBA
Guillem Chust - AZTI
Adolfo Uriarte - AZTI
Julien Mader - AZTI
Patxi Sasigain - ADEGI
Rafael Sardá - CEAB CSIC
Marian Barquín - IHOBE
Beatriz Marticorena - Gipuzkoako Foru Aldundia
Imanol Paildain - Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos del País Vasco
Elisa Sainz de Murieta - Basque Centre for Climate
change
Christine Clus-Auby - EUC Centre Atlantique
Manu González de Baragaña - Cristina Enea
Fundazioa
Caroline Lummert - GIS AIC (Agrupación de
Interés Científico) Litoral Vasco
Nicanor Prendes Rubiera - Oficina española de
cambio climático

Antolaketa batzarra / Comité organizador / Comité organisateur / Organizing committee

Irantzu Zubiaur - AZTI
Meritxel González - AZTI
Mercedes Fernández Monge - AZTI
Lorena Zabaleta - FICOBA
Silvia Turné - FICOBA
Maialen Gaztañaga - FICOBA
Mónica Alday - FICOBA

Antolatzaileak / Organizadores / Organisateurs / Organizers

FICOBA
AZTI

Babesleak / Patrocinadores / Sponsors

Gipuzkoako Foru Aldundia
IHOBE - Gobierno Vasco
Région Nouvelle Aquitaine
Communauté d'agglomération Pays Basque

Laguntzaileak / Colaboradores / Collaborateurs / Partners

International Association for Hydro-Environment
Engineering and Research (IAHR)
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Aurkibidea - Índice - Index - Index

1. MULTZOA - Klima-aldekaren erronkak itsasertzean

BLOQUE I - Retos del cambio climático en el litoral

BLOC I - Les défis du changement climatique sur le littoral

TRACK I - Climate change challenges

40

González, M., Caballero, A., Chust, G., Liria, P., Epelde, I., de Santiago, I.

Evaluación del impacto de los componentes climáticos del ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco, proyecto KLIMPACT

41

Ulazia, A., Penalba, M., Ibarra-Berastegi, G., 5, Sáenz, J., 5, Ringwood, J.

Historical wave energy trends in the Bay of Biscay (1900-2010)

44

Díaz, E., Korta, M., Pórtoles, J., Monjo, R., Gaitán, E., Ribalaygua, J., Cabré, A., Chust, G.

Eels of southern Europe under future climate change

46

Zurutuza, J., Sevilla, M. J., Aguinaga, A., Uriarte, A., Mader, J. Galparsoro, I.

Infraestructura geodésica para estudios del nivel del mar: GEOLAB Pasaia

50

Beillouin, T.

Les stratégies d'aménagement à l'épreuve de la dynamique littorale

53

Maxant, J.-R.

La résilience des écosystèmes comme concept de gestion du littoral: les défis communs du traitement juridique des constructions et activités en zones à risque

56

Tena, E., Huveteau, C., Sarrade, C., Pepin, N.

Stratégies de gestion du Trait de Côte sur le littoral Basque Français

60

2. MULTZOA - Berealdiko gertaerak eta jarduketak

BLOQUE II - Eventos extremos y actuaciones

BLOC II - Évenements extremes et actions

TRACK II - Extreme events and action

63

Sánchez-Arcilla, A., Jr., García-León, M., Gracia, V., Marzeddu, A., Gironella, F. X., Sánchez-Arcilla, A.

Riesgos Costeros y técnicas ópticas de observación

64

Collin, A., Lambert, N., James, D., Etienne, S.

Mapping wave attenuation induced by salt marsh vegetation using WorldView-3 satellite imagery

67

Martija-Díez, M., Rodríguez-Fonseca, B.

Influence of El Niño on extremes of temperature and rainfall in the Basque Country

70

Moragues, M^a V., Diaz-Carrasco, P., Clavero, M., Ortega-Sánchez, M., Losada, M. Á.

Análisis del rebase sobre diques de abrigo

74

3. MULTZOA - Ekonomia urdina eta klima-aldaera arintzea	
BLOQUE III - Economía azul y mitigación del cambio climático	
BLOC III - Économie bleue et atténuation du changement climatique	
TRACK III - Blue economy and climate change mitigation	77
Gabiña, G., Basurko, O. C.	
La flota pesquera vasca: estrategias para la mitigación del cambio climático	78
Diez, G. F., Prendes, N.	
Evolución y evaluación de la franja costera asociada al Cambio Climático	82
4. MULTZOA - Gobernanza eta kudeatzeko eta erabakiak hartzeko tresnak	
BLOQUE IV - Gobernanza y herramientas de gestión y toma de decisión	
BLOC IV - Gouvernance et outils de gestion et de prise de décision	
TRACK IV - Governance and management and decision-making tools	86
Betancort-Lozano, J. F., González A. G., Jiménez-Alvarado, D., Cruz-Makki, A., Torres-Padrón, M. E., O'Shanahan, L., Pérez-González, Y., Bergasa, O., Guerra- Marrero, A., Sarmiento-Lezcano, A., Carreira-Galvan, T., García-Marrero, A., Benítez-Cabrera, V., Castro-Hernández J. J.	
Foro Océanos: Canarias ante el impacto del cambio climático en el Océano	87
Magri, S.	
Hydrodynamique et restauration écologique des sites dépollués du bassin d'Arcachon	90
Villain, M.	
Voix multiples dans la défense écologiste et citoyenne des océans: Convergences d'acteurs autour du Golfe de Gascogne (sud)	93
Elsayed, A.	
Assessment of Maritime Transport in Egypt for the Recent and the Future Developed Ports by DEA Analysis	96
Lainé, P., Bosc, C.	
Prototype de reconnaissances des ouvrages côtiers	99
Szlovik, M.	
L'indécision du législateur et du juge français dans la détermination des limites du rivage de la mer dans le domaine public maritime terrestre	102
Suberbiola, I.	
MATER Museoa: un museo ecoactivo	105
Carreno-Madinabeitia, S., Sáenz, Jon., Ibarra-Berastegi, Gabriel., Zorita, E.	
Statistical short-term wind forecast at a buoy in the Bay of Biscay	108
Iglesias, B., Anfuso, G.	
Ánalisis paisajístico de la costa vasca	111

1. MULTZOA - Klima-aldaketaren erronkak itsasertzean

BLOQUE I - Retos del cambio climático en el litoral

BLOC I - Les défis du changement climatique sur le littoral

TRACK I - Climate change challenges

Evaluación del impacto de los componentes climáticos del ascenso del nivel del mar sobre el litoral vasco, proyecto KLIMPACT

González, Manuel¹, Caballero, Ainhoa¹, Chust, Guillem¹, Liria, Pedro¹, Epelde, Irati¹, de Santiago, Iñaki¹

Palabras clave: componentes del nivel del mar, golfo de Vizcaya, impacto litoral vasco

Introducción

KLIMPACT realizará la cuantificación de alta precisión (10^{-3} m) de las componentes del nivel del mar, ponderando su contribución al ascenso observado durante los últimos años, para obtener así una mejor evaluación de su impacto sobre la costa vasca. Para ello, se han analizado las diferentes componentes del ascenso del nivel del mar y, en una siguiente fase, se derivarán las cotas de inundación presentes y futuras en zonas piloto con problemáticas y con respuestas al ascenso del nivel del mar diferenciadas: áreas vulnerables con alta incidencia del ascenso del nivel del mar en la planificación urbana (Bilbao, Zarautz, Donostia-San Sebastián) y zonas portuarias (Bermeo).

Se muestran los resultados de la primera fase del proyecto usando los datos de marea en el golfo de Vizcaya y sus inmediaciones: Brest (Francia), Newlyn (Reino Unido), A Coruña, Santander, Gijón, Bilbao y Pasaia. Se ha estimado el incremento del nivel del mar y la contribución de las componentes estacionales y de las de largo periodo a la evolución a largo plazo del nivel medio. Se han combinado varias técnicas: una técnica paramétrica para llenar huecos en las series y una técnica de filtrado digital que retira la variabilidad de las componentes astronómicas, estacionales (anual y semianual) y de largo plazo (entre 1 y 20 años). A las series de nivel medio del mar se les ha aplicado diferentes modelos de tendencia a largo plazo (lineal, modelo rampa y quiebro y filtro Kolmogorov-Zurbenko Adaptativo).

Material y métodos

En primer lugar, se han recopilado las series de nivel del mar de los mareógrafos situados dentro o en las inmediaciones del golfo de Vizcaya. En la Tabla 1 se muestran los emplazamientos, así como detalles de las series seleccionadas.

Las oscilaciones de la superficie libre del mar causan que no exista un “nivel medio instantáneo” (Lie, 1978), ya que se encuentran señales con período de horas, días, señal estacional y componentes como la nodal de 18,61 años de período (Pugh, 1987).

En muchas técnicas de análisis se asume que la información es equiespaciada y/o con frecuencia temporal uniforme y los huecos dificultan su uso directo, por lo que se ha optado por combinar varias técnicas. En Métodos Numéricos, el filtrado de series se encuentra entre las técnicas a emplear para la descripción estadística de datos (Press et al., 2007) y es habitual en química, electrónica, economía, etc. Un filtro digital es una media móvil ponderada que requiere un tamaño de ventana y el cálculo de los pesos (Ec. 1). Disponiendo de una serie de datos equiespaciados (Δt) de la variable $z(t)$ para obtener una estima de $z_o(t)$, en la que no se encuentren señales de periodo inferior a un cierto umbral, puede utilizarse un filtro digital simétrico, denotado por Ψ :

$$\tilde{z}_o(t) = \Psi[z(t)] = \frac{w^o z(t) + \sum_{k=1}^n w^k [z(t+k\Delta t) + z(t-k\Delta t)]}{w^o + 2 \sum_{k=1}^n w^k} \quad (1)$$

Generalmente, en el diseño del filtro se impone que el denominador de (1) sea 1. En Thompson (1983) se muestra el cálculo de los pesos y en González y Fontán (2014) se ha aplicado

Tabla 1. Series de datos de marea utilizadas, número de datos, % de datos, valor medio, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo.

Mareógrafo	Registro	Período muestreo(Δt)	Propietario	Nº datos	% huecos	V_{med} (mm)	σ (mm)	V_{min} (mm)	$V_{máx}$ (mm)
Bilbao	1992-2017	5'	Puertos del Estado	2.637.246	0,54	2.394	1.025	-290	4.990
Gijón	1992-2017	5'	Puertos del Estado	2.637.845	0,55	2.746	1.007	160	5.400
Santander	1992-2017	5'	Puertos del Estado	2.282.058	2,62	2.858	1.029	280	5.380
Pasaia	2007-2017	1'	DFG-Aranzadi-AZTI	1.001.725	11,3	3.526	1.060	935	6.057
A Coruña	1943-2017	1 h	IEO	631.008	3,3	2.653	920	260	5.120
Brest	1846-2017	1 h	SHOM	1.376.134	8,7	4.053	1.599	-150	8.100
Newlyn	1915-2017	1 h	BODC	885.793	1,9	3.128	1.331	-1.944	9.030
Santander	1943-2004	1 h	IEO	520.980	4,9	2.791	1.016	160	5.350

¹ AZTI; Herrera Kaia, Portualdea z/g; 20110 Pasaia; Gipuzkoa, Spain

* Email: mgonzalez@azti.es

esta técnica a series de datos climáticas con diferentes períodos de muestreo y se presenta una aplicación numérica para el cálculo de los pesos. Empleando este método se han calculado los pesos de los filtros digitales para los Δt de la Tabla 1, con el fin de retirar la variabilidad de período inferior a 3 meses y a 1, 2, 5, 10 y 20 años.

El algoritmo de reconstrucción realiza un ajuste entre la función de interpolación (combinación lineal de funciones trigonométricas) y la señal muestreada con pesos adaptativos, en función de la separación entre datos (Feichtinger et al., 1995).

Dada una serie de instantes r de muestreo arbitraria: $0 \leq t_1 < \dots < t_r < 1$

$$\text{Sean: } t_0 = t_r - t_1; t_{r+1} = t_1 + 1; w_j = \frac{1}{2}(t_{j+1} - t_{j-1}); j = 1, \dots, r$$

Sea M el número de funciones a utilizar para la interpolación ($M \leq (r-1)/2$) se calcula: $\gamma_k = \sum_{j=1}^n \omega_j e^{-(2\pi i t_j)k}; |k| \leq M$

Se define la matriz: $[T_\omega]_{lk} = \gamma_{l-k}; |l|, |k| \leq M$

Y los vectores:

$$b_k = \sum_{j=1}^n y_j \omega_j e^{-(2\pi i t_j)k}; |k| \leq M \quad a_0 = 0; \quad r_0 = q_0 = b$$

Siendo $y_j; j = 1, \dots, r$ los valores de la señal en los instantes de medida (t_j). Se computa iterativamente $n \geq 1$:

$$a_n = a_{n-1} + \frac{\langle r_{n-1}, q_{n-1} \rangle}{\langle T_\omega q_{n-1}, q_{n-1} \rangle} q_{n-1}; \quad r_n = r_{n-1} + \frac{\langle r_{n-1}, q_{n-1} \rangle}{\langle T_\omega q_{n-1}, q_{n-1} \rangle} T_\omega q_{n-1}; \quad q_n = r_n + \frac{\langle r_n, T_\omega q_{n-1} \rangle}{\langle T_\omega q_{n-1}, q_{n-1} \rangle} q_{n-1}$$

Entonces, a_n converge como máximo en $2M+1$ iteraciones a la solución a de la ecuación $T_\omega a = b$

Así, resulta que la aproximación M -ésima a la serie de datos es:

$$p(t) = \sum_{k=-M}^M a_k \omega_j e^{(2\pi i t_j)k}$$

es tal que minimiza la función: $\sum_{j=1}^r |p(t_j) - y_j|^2 \omega_j$

Se ha aplicado la reconstrucción sobre las series filtradas sin $T < 3$ meses, para obtener series completas. Sobre las series completas se han aplicado posteriormente filtros de mayor período de corte: 2, 5, 10 y 20 años.

Sobre las series sin huecos y filtradas se han usado varios modelos de ajuste: cambio brusco de tendencia o quiebro (dos tramos rectos formando un ángulo, Mudelsee (2010)); modelo de regresión en forma de rampa (dos tramos horizontales unidos por un tramo de pendiente uniforme, Mudelsee, 2010) y el modelo lineal. Además, se ha empleado el filtro KZA, Kolmogorov-Zurbenko Adaptativo (Zurbenko et al., 1996), para detectar cambios bruscos en series con

variabilidad periódica y ruido notable, así como variabilidad a largo plazo (e.g. Chaves et al., 2008; González et al., 2013; Solaun et al., 2013; Henneman et al., 2015).

Resultados y discusión

Para cada uno de los mareógrafos se ha obtenido una serie continua, sobre la que se han aplicado métodos de evolución como en la Figura 1. El KZA aplicado sobre las series largas, previamente filtradas para eliminar $T < 10$ años, muestra los cambios de tendencia. En Brest, se observa una tendencia descendente muy ligeramente entre 1846 y 1913; y posteriormente, se observan tendencias positivas o estacionarias. En el resto de las series no se observa ninguna tendencia descendente ya que el inicio es posterior a 1913. Un resultado remarcable derivado de este análisis es el salto brusco en tres de las cuatro series largas, observado alrededor de 1990.

En todas las series se detecta un incremento del nivel (Tabla 2), cuyo valor depende del modelo de evolución y del periodo de corte. En general, los incrementos son menores cuando se filtran períodos mayores. Los incrementos van desde 4 mm (mareógrafo de Gijón PdE, modelo KZA y $T < 5$ años) hasta unos 200 mm (mareógrafo de Newlyn, modelo de quiebro). Nótese que los registros de Puertos del Estado comienzan en 1992, cuando se observa un cambio brusco de nivel en Brest, Newlyn y A Coruña (Figura 1).

En todos los modelos, incluyendo el modelo lineal, los coeficientes de correlación aumentan y el error disminuye a medida que se filtran períodos de tiempo más largos. El menor coeficiente de correlación y mayor error se observa en el mareógrafo de Gijón ($r^2=0,132$; $\epsilon=10,5$ mm), filtrando los períodos más largos y ajustando la serie al modelo KZA; mientras que entre los resultados que mayor correlación muestran, el de menor error es el modelo de quiebro aplicado al mareógrafo de Newlyn ($r^2=0,948$; $\epsilon=12,3$ mm). Sin embargo, en este último caso el modelo en rampa muestra valores similares en estos parámetros estadísticos.

La tasa de variación anual estimada a partir de todo el periodo, aplicando el modelo lineal (Tabla 3) y filtrando los períodos más largos, va desde 0,71 (mareógrafo de Gijón) hasta 2,73 (mareógrafo de Bilbao) mm año⁻¹, cuyo rango es similar a las tasas de ascenso estimadas por otros autores para estas series, con datos satelitales y reconstrucciones paleoecológicas (Chust et al., 2011). El resultado obtenido en Gijón es coherente con el incremento mínimo observado para este mareógrafo en la tabla anterior, cabe destacar, que ambos mareógrafos comienzan en la misma fecha (1992), pero la tasa de incremento en el mareógrafo de Bilbao es cerca de cuatro veces mayor que en Gijón.

Figura 1. Serie de datos de nivel del mar en Brest, Newlyn, A Coruña y Santander. En gris claro se muestran los datos filtrados sin $T < 10$ años y en gris oscuro el resultado del filtro KZA con semiancho de ventana 10 años y 4 iteraciones (retira aproximadamente la variabilidad de $T < 20$ años).



Tabla 2. Variaciones del nivel del mar del conjunto de series de nivel del mar filtrando/aplicando distintos períodos/modelos de evolución.

Δ Nivel (mm)	Periodo	KZA			Quiebro			Rampa					
		T>1 año	T>2 años	T>5 años	T>1 año	T>2 años	T>5 años	T>10 años	T>2 años	T>5 años	T>10 años		
Bilbao PdE	1992-2017	66	62	37	---	91	85	62	---	64	63	60	---
Gijón PdE	1992-2017	26	28	4	---	27	33	39	---	26	29	24	---
Santander PdE	1992-2017	36	33	17	---	63	58	40	---	27	25	28	---
Pasaia	2007-2017	7	36	---	---	40	101	---	---	26	78	---	---
A Coruña	1943-2017	97	93	87	82	171	169	165	158	113	110	105	99
Brest	1846-2017	194	193	191	188	188	187	186	182	183	182	180	177
Newlyn	1915-2017	169	168	163	154	203	204	200	196	185	186	184	178
Santander	1943-2004	87	85	80	77	217	206	103	103	121	103	93	68

Tabla 3. Tasas anuales de variación del nivel del mar del conjunto de las series estimadas a partir del modelo lineal y filtrando distintos períodos.

Δ Nivel (mm); b ($\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$)	Registro	T>1 año	T>2 años	T>5 años	T>10 años
Bilbao	1992-2017	$\Delta=70$; $b=2,83$	$\Delta=67$; $b=2,83$	$\Delta=60$; $b=2,73$	---
Gijón	1992-2017	$\Delta=12$; $b=0,54$	$\Delta=15$; $b=0,74$	$\Delta=13$; $b=0,71$	---
Santander	1992-2017	$\Delta=37$; $b=1,50$	$\Delta=35$; $b=1,47$	$\Delta=29$; $b=1,31$	---
Pasaia	2007-2017	$\Delta=7$; $b=0,88$	$\Delta=69$; $b=7,55$	---	---
A Coruña	1943-2017	$\Delta=130$; $b=1,76$	$\Delta=125$; $b=1,72$	$\Delta=117$; $b=1,65$	$\Delta=111$; $b=1,62$
Brest	1846-2017	$\Delta=205$; $b=1,20$	$\Delta=205$; $b=1,20$	$\Delta=203$; $b=1,20$	$\Delta=199$; $b=1,20$
Newlyn	1915-2017	$\Delta=191$; $b=1,88$	$\Delta=190$; $b=1,89$	$\Delta=187$; $b=1,89$	$\Delta=180$; $b=1,86$
Santander	1943-2004	$\Delta=121$; $b=1,98$	$\Delta=115$; $b=1,91$	$\Delta=103$; $b=1,76$	$\Delta=99$; $b=1,77$

Conclusiones y perspectivas

Las principales conclusiones obtenidas de esta primera fase del proyecto son las siguientes. En primer lugar, se demuestra que el método de reconstrucción de datos es un método eficaz para obtener series continuas de datos del nivel del mar. La importancia de esta conclusión para el tema que nos ocupa, reside en el hecho de que sobre estas series, al contrario que sobre series con huecos, se pueden aplicar distintos modelos de evolución y filtrado. En segundo lugar, se ha observado que el modelo de evolución que mejores resultados presenta, en términos de correlación y error, es el modelo de quiebro, aunque el modelo de transición en rampa muestra resultados similares. Estos resultados mejoran al filtrar períodos largos de las series (entre 5 y 10 años). Finalmente, a pesar de que la tasa media anual de variación depende de qué mareógrafo analicemos, del modelo de evolución y del periodo de filtrado, para todos los mareógrafos se observa una tendencia positiva en el nivel medio del mar de las series que va desde 0,71 a 2,73 $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$.

Estos resultados serán aplicados en la segunda fase del proyecto, en la que se evaluará su contribución en las cotas de inundación presentes y futuras en las zonas piloto: Bilbao, Zarautz, Donostia-San Sebastián y puerto de Bermeo.

En concreto se considerará un escenario pesimista en el que el forzamiento radiativo debido al incremento de los GHG, entre el periodo preindustrial y el año 2100, sea de $8,5 \text{ W.m}^{-2}$. Bajo este escenario, los modelos climáticos del IPCC estiman un incremento del nivel del mar de $\sim 64 \pm 22 \text{ cm}$ (con respecto a 1986–2005) en el golfo de Vizcaya, para final del presente siglo.

Referencias

- Chaves, L. F., Kaneko, A., Taleo, G., Pascual, M., & Wilson, M. L., 2008. Malaria transmission pattern resilience to climatic variability is mediated by insecticide-treated nets. *Malar J*, 7(100), 10-1186.
 Chust, G., Á. Borja, A. Caballero, X. Irigoien, J. Sáenz, R. Moncho, M. Marcos, P. Liria, J. Hidalgo, M. Valle, and V. Valencia. 2011. Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the

- southeastern Bay of Biscay. *Climate Research* 48:307–332.
 Feichtinger, H. G., Gröchenig, K., Strohmer, T., 1995. Efficient numerical methods in non-uniform sampling theory. *Numer. Math.* vol. 69. 423–440.
 González, M., y Fontán, A., 2013. Filtros digitales para suprimir la variabilidad estacional y plurianual en series climáticas de datos.
 González, M., Fontán, A., Esnaola, G., & Collins, M., 2013. Abrupt changes, multidecadal variability and long-term trends in sea surface temperature and sea level datasets within the southeastern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 109: S144-S152.
 Henneman, L. R., Holmes, H. A., Mulholland, J. A., & Russell, A. G., 2015. Meteorological detrending of primary and secondary pollutant concentrations: Method application and evaluation using long-term (2000–2012) data in Atlanta. *Atmospheric Environment*, 119: 201-210.
 Lie H-J. (1978). “A review of some filters for the calculation of daily mean sea level”. *Journal of the Oceanological Society of Korea*, 30 (2), 1-4.
 Mudelsee, M., 2010. *Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods*. Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, Atmosphere and Oceanographic Sciences Library, Vol. 42, 474 pp.
 Press, W.H., B.P. Flannery, S.A. Teukolsky y W.T. Vetterling (2007): “Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing”. Cambridge University Press, 1235 pp.
 Pugh, D.T. (1987). *Tides, surges and mean sea-level*. Chichester, UK, John Wiley & Sons Ltd, 472 pp.
 Solaun, O., Rodríguez, J. G., Borja, A., González, M., & Saiz-Salinas, J. I., 2013. Biomonitoring of metals under the water framework directive: Detecting temporal trends and abrupt changes, in relation to the removal of pollution sources. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1): 26-35.
 Thompson, R.O.R.Y. (1983). Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies. *Journal of Physical Oceanography*, 13, 1077–1083.
 Zurbenko, I.G., Porter, P.S., Rao, S.T., Ku, J.Y., Gui, R., Eskridge, R.E., 1996. Detecting discontinuities in time series of upper air data: development and demonstration of an adaptive filter technique. *Journal of Climate*, 9: 3548–3560.

Agradecimientos

Este proyecto cuenta con la financiación de las ayudas “Kimatek, I+B+Gm2017-2018”, para realización de proyectos i+d, innovación y demostración en adaptación al cambio climático, promovidas por la Sociedad Pública del Gobierno Vasco, IHOBE. Table 1. Hs and Tm and WEF mean values in

Historical wave energy trends in the Bay of Biscay (1900-2010)

Ulazia, Alain¹, Penalba, Markel², Ibarra-Berastegi, Gabriel^{3,5}, Sáenz, Jon^{4,5}, Ringwood, John²

Keywords: Wave energy trends, ERA-Interim, ERA-20C, Wave Energy Converters.

Introduction

This study analyses the influence of wave energy trends on the evolution of wave energy flux and on the absorbed power of wave energy converters during the last century. For the moment, the study has been developed in Western Europe (mainly Portugal, France, Bay of Biscay and Ireland), because our first general studies in Europe show that the trends are relevant in the open Atlantic Ocean. The Mediterranean, Baltic Sea or North Sea do not exhibit significant changes.

Different studies about wave trends presented in the literature to date and to the best knowledge of the authors, have been focused mainly on the variation of the wave height. These studies on wave trends typically use data from four different sources: in situ measurements by buoys, wave observations from ships, satellite altimeter, and model and reanalysis datasets. In our previous work, we cite the most important data sources (Ulazia et al. 2017). For comparison purposes, the most relevant study carried out so far, Young et al. (2011) uses satellite altimeter data and presents a spatially distributed account of wave height trends around the world. All our results are coherent with Young's trend maps.

Data and methodology

ERA20C reanalysis of the last century from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, Poli et al. 2016) has been calibrated via quantile-matching against the ERA-Interim-WAM reanalysis (Dee et al. 2011) during their common period (1979-2010). The validation against buoys in the Bay of Biscay has been carried out by means of Taylor Diagrams using three statistical indicators: correlation, RMSE (root mean square error) and SD ratio (the ratio between the standard deviation of the reanalyses and the standard deviation of the buoys' observations).

¹Dept. NI and Fluid Mechanics, University of the Basque Country (EHU/UPV). EIG-Eibar, Otaola 29, Eibar, Gipuzkoa.

²Centre of Ocean Energy Research, COER. Maynooth University, Ireland.

³Department of NE and Fluid Mechanics, University of the Basque Country (UPV/EHU). Alda. Urkijo, 48013 Bilbao, Spain.

⁴Department of Applied Physics II, University of the Basque Country (UPV/EHU). B. Sarriena s/n, 48940 Leioa, Spain.

⁵BEGIK Joint Research Unit (UPV/EHU-IEO) Plentziako Itsas Estazioa, University of Basque Country (UPV/EHU). Areatza Hiribidea 47, 48620 Plentzia, Spain.

E-mail: alain.ulazia@ehu.eus

After the construction of the transference function for the mentioned intersection period, the calibration has been extended to all time series covered by ERA20C, that is, 110 years starting at 1900. The Theil-Sen method provides robust estimations of trends present in time series. This method has been used to estimate decadal trends at a 95% confidence level of the wave energy flux at each grid point.

Results

The validation shows a better agreement of ERA-Interim-WAM model if compared to the original ERA20C. Moreover, calibrated ERA20C (cERA20) shows a significant error reduction compared to the original ERA20C, mainly in RMSE and in the SD ratio, not so much in correlation. Here, the Taylor Diagram for the Bilbao-Vizcaya buoy is shown for the pure ERA20 data, ERA-Interim and the calibrated cERA20 (see Figure 1).

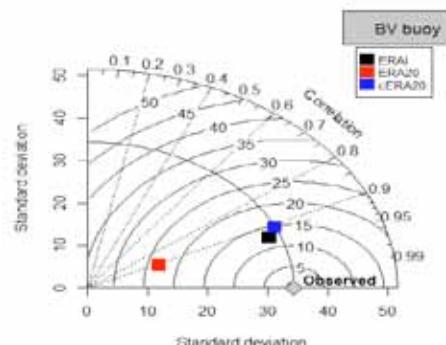


Figure 1. Taylor Diagram in the Bilbao-Vizcaya buoy.

The calibrated ERA20C presents an increase of the wave energy resource, more than 1 kW/m per decade, in the area of study delimited by the Bay of Biscay (see Figure 2), and a general increase of the wave height and wave period throughout the analysed decades.

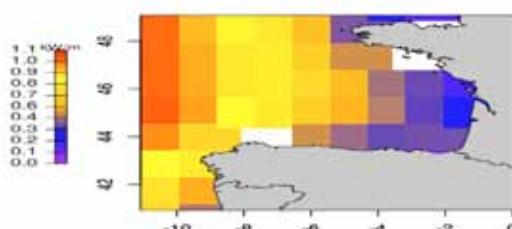


Figure 2. Wave Energy Flux decadal trend in the Bay of Biscay.

Apart from that, the wave trend map for Europe has also been represented to obtain a general overview, where the strong trends off West Ireland show a hot area and the neutral trends of Mediterranean Sea show lower values. Figure 3 shows these results using the data from the reanalysis ERA20C of the last century (see methodology) without calibration and represents the decadal increment of maximum individual wave height in centimetres and its period in centiseconds. In the West of Ireland, there are locations with positive significant trends above 1 meter and 0.5 seconds per century. Maximum values instead of mean values are chosen to emphasize the important increments involved. We are talking about relative incremental values of more than 10% in a century. This means an important increment in wave energy flux since it is proportional to the square of the wave height and the period. Furthermore, these maps offer a relative view of wave trends in the Bay of Biscay: although the wave period trends are similar to open Atlantic Ocean's trend, the diminution is clear inside the Bay of Biscay in wave height trend.

Finally, using the calibrated series at a given grid point in the Bay nearest the Bilbao-Vizcaya buoy, power absorption of a generic wave energy converter (WEC) is also examined during the five do-decades of the past century. The generation increments with respect to 1900-20 do-decade are similar to wave energy flux increment (WEF), that is, the square of the significant wave height (H_s) times the increment of mean wave period (T_m) (see Table 1).

Conclusions

Results show important variations of the wave energy flux and consequently the WEC's PDF, which results in significant differences, up to a 15% increase between the last two do-decades, and a significant gap in the 1940-60 years. Any strategy to develop wave energy in the Bay of Biscay must incorporate this upward trend for its implications not only regarding an increase in energy availability but also for its impact on coastal infrastructures.

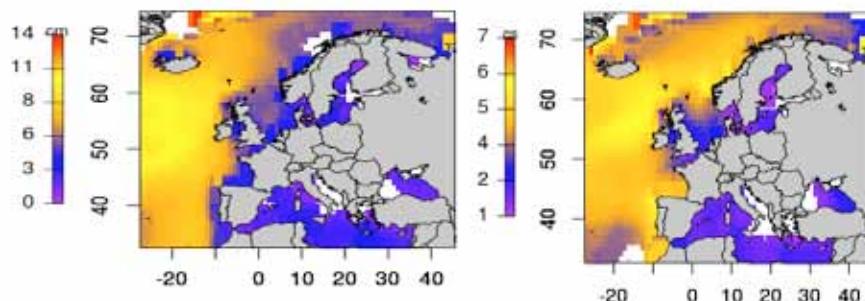


Figure 3. Decadal trends of maximum wave height and maximum wave period in Europe according to ERA20C.

Table 1. H_s and T_m and WEF mean values in each do-decade and the increments in percent with respect to the first do-decade.

	1900-20	1920-40	1940-60	1960-80	1980-2000
H_s (meters/ increment in %)	1.57 / -	1.58 / 0%	1.64 / 4%	1.74 / 11%	1.80 / 15%
T_m (seconds / increment in %)	8.20 / -	8.28/ 1%	8.54 / 4%	8.64 / 5%	8.75 / 7%
WEF (kW/m / increment in %)	10.48 / -	10.60 / 0 %	11.21 / 7%	12.83 / 22%	13.75 / 32%

Future research will be carried out regarding the likely evolution of these fields under climatic change scenarios. Since WAM data will not be available for most of the CMIP5 or CMIP6 models, an intermediate estimation by means of statistical downscaling models is necessary for these climate change scenario-based assessments.

References

- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P. and Bechtold, P., 2011. The ERAInterim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. Quarterly Journal of the royal meteorological society, 137(656), pp.553-597.
- Poli, P., Hersbach, H., Dee, D.P., Berrisford, P., Simmons, A.J., Vitart, F., Laloyaux, P., Tan, D.G., Peubey, C., Thépaut, J.N. and Trémolet, Y., 2016. ERA-20C: An atmospheric reanalysis of the twentieth century. Journal of Climate, 29(11), pp.4083-4097.
- R Core Team, 2016. R Core Team.R: a Language and Environment for Statistical Computing.R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2016) <https://www.R-project.org/>
- Ulazia, A., Penalba, M., Ibarra-Berastegui, G., Ringwood, J. and Saénz, J., 2017. Wave energy trends over the Bay of Biscay and the consequences for wave energy converters. Energy, 141, pp.624-634.
- Young, I., S. Zieger, A. V. Babanin, 2011. Global trends in wind speed and wave height, Science 332 (6028): 451-455.

Acknowledgements

This work has been funded by the Spanish Government, MINECO project CGL2016-76561-R (MINECO/EU ERDF), and the University of the Basque Country (projects GIU14/03 and PES17/23). The authors want to express their gratitude to Puertos del Estado for providing with buoy data. Most of the calculations and plots have been carried out within the framework of R (R Core Team, 2016).

Eels of southern Europe under future climate change

Díaz, Estibaliz¹, Korta, María¹, Pórtoles, Javier², Monjo, Robert², Gaitán, Emma², Ribalaygua, Jaime², Cabré, Anna³, and Chust, Guillem¹

Keywords: Eel recruitment, *Anguilla anguilla*, climate change, biogeographic distribution, precautionary approach

Introduction

European (*Anguilla anguilla*) glass eel recruitment has decreased progressively since the 1980s. In 2007, the European Commission launched a regulation (EC No 1100/2007) for the recovery of the stock of *A. anguilla*. According to the last assessment (ICES, 2017), the status of *A. anguilla* remains critical: the annual recruitment of glass eel to European waters in 2017 was at 1.6 % of the 1960–1979 level in the “North Sea” series, and 8.7% in the “Elsewhere Europe” series. The probable causes of recruitment decline include commercial exploitation, habitat loss, dam and weir construction, hydropower plants, pumping stations and surface water abstractions. *A. anguilla* spawns in the Sargasso Sea. Their eggs develop into leptocephalus larvae, which undertake a long migration until they reach the European and North African coasts and metamorphose into a glass eel. Hence, the oceanic and climatic factors affecting leptocephalus survival during migration are linked to short-term glass eel recruitment variability in the estuaries. Thus, it is reasonable to assume that the future climate change might impact the future population dynamics of European eel. In this study, we assess the possible impact of climate change on European eel by analysing the projected evolution of factors related to glass eel recruitment in the Iberian Peninsula and the shift in the biogeographic distribution of eel larvae in future.

Materials and methods

We assessed the current effect of the environmental conditions on the Iberian Peninsula recruitment. We used catches of four historical series as a proxy for recruitment: two from the Atlantic basin (Nalón and Miño) and two from the Mediterranean basin (Ebro and Albufera of Valencia). We chose several environmental parameters affecting the leptocephalus survival (winter NAO index, sea water temperature, latitudinal (*u*) and longitudinal (*v*) components of Surface Downward Stress (TAU) and current velocity. As the analysis of the effect of the oceanographic

variables on recruitment was focused on the earliest larval stages, we calculated the parameters for the eel spawning area in the Sargasso Sea (between 70.5–45°W and 24.25–30.25°N). We estimated the values of the variables using an ocean reanalysis, the Simple Ocean Data Assimilation (SODA), a global reanalysis of the ocean climate (2.2.4 version, <http://soda.tamu.edu/>), which produces a grid with 0.5° cell size and a monthly value for each grid cell at 40 depths from 0 to 5500 m (we only used 18 different depths between 0 and 320 m). We averaged the monthly values to obtain the yearly estimation. Subsequently, we analysed the relationship between the four recruitment time-series and environmental factors using Pearson correlation. We tested 1, 2 and 3-year lags. The significance level was set at $P < 0.05$. After identifying the variables significantly correlated with the recruitment in the Iberian Peninsula, we projected them under a climate change scenario. We projected the expected relative seasonal evolution of the climate variables for two RCPs (RCP 4.5 and RCP 8.5) throughout the 21st century against the 1975–2005 average (as a reference).

The potential effect of the expected climate change on the late-stage larva distribution was assessed using a Spatial Distribution Model (SDM), developed employing a Generalized Additive Model (GAM) and projecting the SDM onto the future environmental conditions. Thus, the GAM-based SDM was used as a proxy of habitat suitability for the eel larvae. First, we established the current biogeographic distribution of *A. anguilla* late stage larvae (59.9–87.0 mm) using the open ICES data portal (<http://www.ices.dk/marine-data/data-portals/Pages/Eggs-and-larvae.aspx>). Since the eel database only provides the presence data, we generated absences randomly (pseudo-absences). Pseudo-absences were eliminated in localities where leptocephali were observed. As the number of larva occurrences was 650, 1000 pseudo-absences were generated. Then, we built a GAM to model presence/absence (Pres/Abs) of occurrences as a function of environmental variables for the reference period (1980–1999), using a binomial error distribution with a logit link function. We fed the model with the environmental variables that affect the leptocephalus migrations: Surface Sea temperature (SST), and salinity (SSS), the Mixed Layer Depth and Primary Production integrated over the top 100 m. We implemented the GAM in R language, using the mgcv package. We compared all possible combinations of variables and selected the model with the lowest Akaike Information Criterion (AIC), using the MuMin R package. Then, we compared the spatial distribution obtained with the SDM under the RCP8.5 scenario for the end of the twenty-first century (years 2080–2099) and the distribution under the reference scenario (years 1980–1999) using the geographic centre of gravity (CoG), the weighted mean geographic location of a population. We used the simulated monthly hydroclimatic and

¹ AZTI, Marine Research Division, Txatxarramendi ugartea z/g – 48395 Sukarrieta, Bizkaia, Spain

² Climate Research Foundation (FIC), C/ Tremps 11, Madrid 28040, Spain

³ Dep. of Physical and Technological Oceanography, Institute of Marine Sciences, Barcelona 08003, Spain

* E-mail: ediaz@azti.es

biogeochemical data from the 16 averaged CMIP5s to project the SDM to the future environmental conditions.

Results and discussion

In general, the yearly variability of glass eel recruitment correlated significantly with the same set of variables, both in the Atlantic and the Mediterranean rivers, and the correlations had the same direction. We found a negative correlation of recruitment in the Iberian Peninsula with the winter NAO index, temperature and u component of the current and a positive correlation with the u component of the TAU and the v current component (Table 1). In all the cases, the projected change in each of the variables correlated with recruitment in the Iberian Peninsula according to the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios show a trend with the opposite direction to that found in the correlations (the factors positively correlated with recruitment decrease in the scenarios whereas those negatively correlated increase). Thus, those factors might negatively affect the *A. anguilla* recruitment in the Iberian Peninsula in the future (Table 1). However, this forecast has to be taken with caution since correlation does not imply causation. Different hypotheses have been launched to explain the correlations between recruitment data and oceanic parameters that have also been observed in other studies (Knights, 2003; Bonhommeau, 2008). But, there is still a high uncertainty about eel larval ecology and there is no direct information about the factors that determine survival of eel larvae.

We generated a GAM-based SDM for the distribution of late-stage larvae. The method achieved high values for the cross-validated accuracy indices (sensitivity: 88.9% and specificity: 69.7%) and the area under the receiver operating characteristic

curve (AUC) of 0.79 (n presences = 271, n pseudo-absences = 821, overall explained deviance = 28%). The optimised threshold value obtained to split model probabilities into presence-absence was 0.26. The selected explanatory variables were SST (EDF = 1.99; Chi² = 101.73, P < 0.001), SSS (EDF = 1.00; Chi² = 22.23, P < 0.001) and PP (EDF = 1.99; Chi² = 12.35, P = 0.0025). As the Chi² values indicate, the most important variable among those analysed for the late-stage larvae is the sea temperature, followed by salinity and PP.

In the SDM for the reference period (1980–1999), the predicted late-stage larvae distribution fitted well the biogeographic range of observed data (Fig. 1). According to the projection of the SDM under RCP8.5 scenario (Fig. 1) the core of the habitat suitability, presently (reference period: 1980–1999) centred between Portugal and Ireland will (year 2080–2099) shift by 740.5 km northwards, to the area between the Celtic Sea and the North of Ireland and UK. Under this scenario, the habitat suitability for late leptocephali will worsen in the southern part of the current biogeographic area. More concretely, in the Eastern Mediterranean (probability of occurrence decreases from 0.3–0.6 to < 0.2) and at the Spanish and French Atlantic coast (probability of occurrence decreases from 0.4–0.6 to ≈ 0.2), the habitat will be unsuitable. The core of the habitat suitability (i.e. the area with maximum relative probabilities defined with the 95th percentile), presently centred between Portugal and Ireland, is expected to shift northward, to the area between the Celtic Sea and the North of Ireland and UK.

As above-mentioned, there is still a high uncertainty about eel larval ecology; thus, it is difficult to assess the effect of habitat changes on late stage eel larvae. Firstly, eel larvae “niche” may simply be defined by transport routes and currents and not by the

Table 1. ^a Environmental variables showing a significant correlation with recruitment in the Iberian Peninsula (IP). The significance level was set at P < 0.05. Summary of the results obtained at ,1, 2 and 3-year lags and at different depths in the case of temperature and u and v components of sea currents. ^b Direction of the relation between recruitment in the IP and the variables. ^c Projected expected relative seasonal evolution of the environmental variables correlated with recruitment in the I.P. for the two studied RCP scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) throughout the 21st century against the 1975–2005 average (as a reference).

^dTheoretical effect of the explanatory variables on recruitment in the Iberian Peninsula (I.P.).

Correlated variables ^a	Direction of the relation ^b	Predicted evolution of the variables ^c	Theoretical effect of variables on the recruitment in the I.P. ^d
Winter NAO	Negative	Increase	Decrease
TAU u	Positive	Decrease	Decrease
Temperature	Negative	Increase	Decrease
u component of the sea current	Positive	Decrease	Decrease
v component of the sea current	Negative	Increase	Decrease

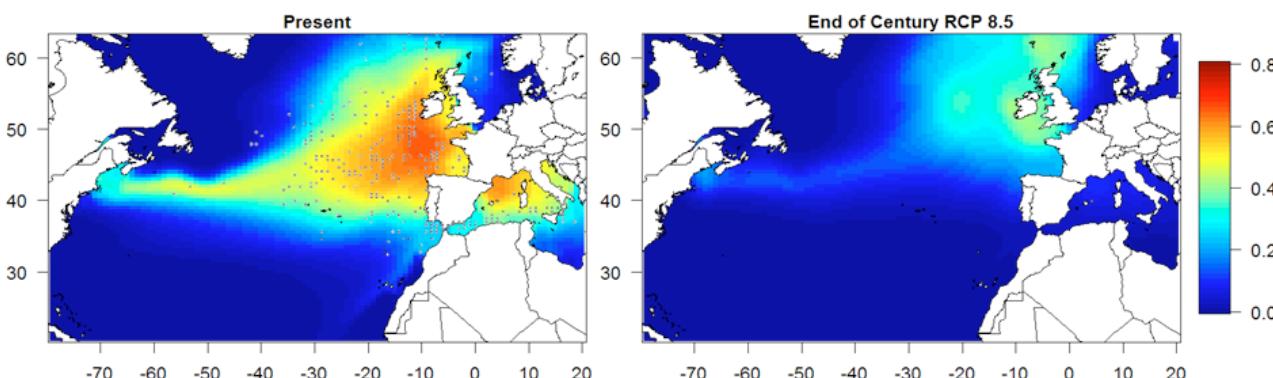


Figure 1. Spatial Distribution Model (SDM) for *Anguilla anguilla* late-stage larvae (size: 59.9–87.0 mm). (a) Reference period (1980–1999) and (b), future RCP 8.5 climate scenario (2080–2099). Presence probability scale is shown on the right-hand side of the figure.

habitat suitability. Still, since they are found there, the habitat characteristics we have identified in the core area must be suitable for late stage eel larvae. The current water temperature in the core area (defined by the 95th percentile) of late-stage larvae distribution (13.9 °C) will increase by an average of 2.2 °C by the end of the century. The early- and medium-stage larvae are currently found in the areas within this temperature range, indicating that such temperature increase would not be lethal for late-stage larvae. The eel larvae optimal temperature range is unknown; hence it is difficult to assess how those changes in temperature might affect the overall population fitness. However, a change in temperature not only affects the larvae directly but also triggers various physical and biological processes in the sea. A temperature rise increases thermal stratification, limiting the availability of nutrients. Such changes reduce the global production of oceanic phytoplankton. This decline is mostly due to a pronounced decrease in the net PP in the mid- and low-latitude areas, where the early- and medium-stage larvae are found. According to the RCP8.5 model, in addition to a temperature increase, the PP would decrease in the current distribution area of late-stage leptocephalus. Eel larvae feed on Particulate Organic Matter or marine snow (Miller and Tsukamoto, 2016) which are directly linked to PP. Thus, if the larvae do not change their distribution, they will suffer from higher temperatures than current ones and reduced food availability, that might affect their survival rate. Then, the largest glass eel fisheries in Northern Spain, at the Atlantic coast of France, in the Severn River (England) and along the Mediterranean coast of Spain could be affected.

Some fish shift their spatial distribution to maintain their optimal range (niche tracking). The distribution patterns of early stages of eel larvae are highly affected by currents; but the distribution of the larvae and the patterns of ocean currents in relation to the recruitment areas indicate that the late larvae must use directional swimming to reach the recruitment habitats (Miller and Tsukamoto, 2016). If the late-stage larvae would track their niche northwards, then the peak of abundance of glass eel, currently located in the Bay of Biscay, could shift to the more northerly locations (north of the Celtic Sea and the North Sea). Some fish change the timing of their migration to arrive when the waters are cooler (phenology changes) to compensate for the increase in the sea temperature. The timing of larva arrival depends on the beginning and extent of silver eel spawning and duration of the migration of eel larvae. However, the life cycle of the eel is complex, and the migration patterns and their duration are not easy to forecast. Thus, it is difficult to predict whether the eels will adjust their phenology to the climate change, and if so, in what manner. Some pelagic fish migrate towards deeper waters in search of cooler temperatures. Tesch (1980) has found that as leptocephali approach the continental shelf, they are distributed at the depths of 300–600 m during the day and return to the upper layers at night (~35–129 m). The vertical migration of the larvae allows them to adapt to the water warming foreseen in the model. Kettle and Haines (2006) have hypothesised that the leptocephali might choose a depth at which the oceanic currents would help them to target particular regions of Europe and North Africa. The larvae might adopt a similar strategy to follow their ecological niche.

Conclusions

According to our results, the projected changes in variables such as NAO, sea temperature, currents and winds might negatively affect the *A. anguilla* recruitment in the Iberian Peninsula and the latitudinal centre of gravity of the ecological niche for late-stage larvae is expected to shift 740 km northwards, which could negatively affect eel recruitment at the boundaries of the southern population, by the end of the century. However, there are many uncertainties regarding the ecology of eel larvae during their transoceanic migration that make very difficult to forecast and quantify the future effect that climate change may have on eel recruitment. According to the Precautionary Principle the lack of certainty regarding the threat of environmental harm should not be used as an excuse for not taking action to avert that threat (IUCN, 2007). In addition, it has been suggested that the European eel suffers from depensation (Dekker, 2004) i.e., when the spawning biomass decreases, the recruitment is lower than would be expected within a classical relationship³³. When the level of depensation is so high that the population is no longer able to sustain itself, it is said to suffer from the “Allee effect”. As the population declines, a mutual reinforcement between the biotic and abiotic processes drives it into an extinction vortex. Also, while our study deals with the oceanic phase, it must be remembered that the climate change will also affect the eel in its continental phase. Many factors that determine eel dynamics are changing. For example, river flow in Europe has been increasing in winter and decreasing in summer since the 1960s. An increase in the frequency, duration and severity of meteorological and hydrological droughts has been forecast for most of Europe, (the largest increase projected for the southern Europe) and the temperature of river and lake waters has already risen (EEA, 2017). Thus, the possible depensation effect in the stock, the ongoing threats to eel and the potential additional threat of future climate change (both in the ocean and on the continent), ask for a more precautionary management approach and the adoption of mitigation measures (i.e., targeting larger spawning biomasses than previously considered) to assure the long-term conservation of European eel. Also, it would be important to implement monitoring programs to reduce uncertainty regarding European eel larvae ecology and the effect of potential threats; such as climate change.

References

- Bonhommeau, S. et al. 2008. Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. Mar. Ecol. Prog. Ser. 373:71–80.
- Dekker, W. 2004. Slipping through our hands - Population dynamics of the European eel. Doctoral dissertation, 186 pp. (University of Amsterdam).
- EEA, 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No 1/2017. 424pp.
- ICES, 2017. Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL), 3–10 October 2017, Kavala, Greece. ICES CM 2017/ACOM:15. 99 pp.
- IUCN, 2007. Guidelines for applying the precautionary principle to biodiversity conservation and natural resource management 67th meeting of the IUCN Council.
- Kettle, A. J. and Haines, K. 2006. How does the European eel (*Anguilla*

- anguilla*) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63:90-106.
- Knights, B. A. 2003. Review of the possible impacts of long term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the northern hemisphere. Scio. Total Environ. 310:237–244.
- Miller, M.J. and Tsukamoto K. 2017. The ecology of oceanic dispersal and survival of anguillid leptocephali Can. J. Fish. Aquat. Sci. 74:958–971.
- Tesch, F. W. 1980. Occurrence of eel *Anguilla anguilla* larvae west of the European continental shelf, 1974-1977. Environ. Biol. Fish. 5:185-190.

Acknowledgements

This research was cofunded by: CLIPES: Predicción y anticipación de los efectos de la variabilidad en condiciones oceanográficas y el cambio climático global a las pesquerías de las flotas vascas (Basque Government, Deputy Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Policy) and Investigación científica sobre la población futura de anguilas (*Anguilla anguilla*) en España bajo la influencia del cambio climático y sobre estrategias para su recuperación, y divulgación de los resultados (Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment). Thanks to James D. McCleave for the eel larvae distribution compilation and to ICES for making it available.

Infraestructura geodésica para estudios del nivel del mar:GEOLAB Pasaia

Zurutuza, Joaquin¹, Sevilla, Miguel Jesus¹, Aguinaga, Aitor¹, Uriarte, Adolfo², Mader, Julien² Galparsoro, Ibon²

Palabras clave: Geolab, geodesia, mareógrafo, nivelación, gravedad, GNSS

Introducción

La Sociedad de Ciencias Aranzadi fue fundada en el año 1947. Se trata de una asociación sin ánimo de lucro cuyos principales objetivos son la investigación científica del medio natural y humano y la divulgación de los resultados obtenidos. En 2008, se crea el Departamento de Geodesia Aplicada, que se centra en todo lo relacionado con la geodesia. Por otro lado, Azti fue fundada en 1981 y se trata de un centro tecnológico en los campos de la investigación marina y alimentaria que cumple con la RVCTI (Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación).

Previamente a la instalación del mareógrafo y la estación GNSS permanente, la necesidad de un acuerdo entre ambas partes estaba fuera de discusión. Así, se tomó ventaja de las fortalezas de cada uno de ellas. Respecto a Azti, aparte de sus excelentes instalaciones, su actividad principal se basa en los estudios relacionados con el medio marino, siendo la variación del nivel del mar uno de sus objetivos. Respecto a Aranzadi, con el nuevo departamento de Geodesia Aplicada, y la necesidad de mantener y verificar un datum altimétrico de manera precisa y con garantías dadas las implicaciones de la variación del nivel del mar en muchos de los modelos utilizados habitualmente en geodesia, hacen necesario abordar este campo. Finalmente, la Diputación Foral de Gipuzkoa también colabora aportando capitala este proyecto.

Esta buena disposición llevó a configurar GEOLAB. Se trata de una entidad no jurídica cuyo objetivo principal es comprender y modelar los aspectos geodésicos del aumento del nivel del mar en el Golfo de Bizkaia. Así, el mareógrafo fue instalado en el año 2007 en las instalaciones de AZTI, en el puerto de Pasaia. Este mareógrafo es el complemento perfecto para la estación permanente GNSS, que fue instalada con anterioridad en ese mismo año. Gracias a esta instalación conjunta, se ha logrado ser OC (Operational Center) y DAC (Densification Analisis Centre) de EUREF, lo cual implica, por un lado, ser responsables de estaciones GNSS y, por otro, ser uno de los Centros de Densificación cuyas soluciones son utilizadas en el Proyecto EPN Densification, de EUREF, que abarca toda Europa.

Desde Noviembre de 2015 (semana GPS 1870), la estación PASA de Pasajes es una de las estaciones EPN (EUREF Permanent

Network). Se trata de una Red Europea con varias estaciones de referencia GNSS que operan continuamente con coordenadas y velocidades precisas y conocidas.

Y por otro lado, desde Septiembre de 2017, PASA, con número 2338, está incluida en la red del PSMSL (*Permanent Service for Mean Sea Level*), suministrando regularmente datos de mareas. <http://psmsl.org/>

Materiales y métodos

La infraestructura geodésica juega un papel fundamental en los estudios del nivel del mar. Disponer de herramientas complementarias e independientes que permitan determinar la variación del nivel de manera absoluta, eliminando, por ejemplo, las velocidades de la corteza gracias a poder determinar su velocidad con GNSS, y poder corregir las medidas brutas de lámina de agua es crucial para la correcta determinación de la variación real de dicho nivel. Entre las herramientas más habituales que la geodesia nos proporciona, pueden destacarse:

- Técnicas GNSS: para determinar las velocidades locales/regionales de la corteza,
- Técnicas de nivelación (tanto trigonométricas de precisión o geométricas): para enlazar los distintos sistemas de referencia altimétricos y detectar posibles deformaciones locales o en las instalaciones,
- Técnicas de microgeodesia: redes locales de elevada precisión para detectar deformaciones locales o en las instalaciones,
- Técnicas gravimétricas: para determinar valores gravimétricos como observaciones de la aceleración de la gravedad y estudiar su variación, y el efecto de carga, que está íntimamente ligada a las variaciones del nivel del mar.

Las instalaciones de Pasaia, gestionadas a través de GEOLAB, cuentan con la siguiente infraestructura:

- Mareógrafo: Se trata de un dispositivo de presión que ha estado funcionando desde 2007 y que actualmente es perteneciente al PSMSL (desde Octubre de 2017).
- GNSS: estación perteneciente a EUREF desde finales de 2015, operado por ARA-OC
- Nivelación: señales geodésicas y auxiliares referidas a la Red de Nivelación de Primer Orden Española REDNAP (IGN) y enlazada a la red europea EVRF2007 (*European Vertical Reference System*).
- Gravimetría: medición absoluta realizada a mediados de 2017 (IGN).

En este trabajo se presenta esta infraestructura, conocida como GeolabPasaia (geolabpasaia.org) y abierta a todo aquél que desee participar en la misma.

¹ GEOLAB Pasaia (ARANZADI)

² GEOLAB Pasaia (AZTI)

E-mail: geodesia@aranzadi.eus

adolfouriarte@azti.es

Pasaia. Observaciones geodésicas

GNSS

En cuanto a las series temporales de la red asignada a ARA como EPN DAC, todas las soluciones de esta red son calculadas semanalmente, con base diaria, siguiendo todas las directrices de EUREF para los Centros de Análisis. En la siguiente dirección web se pueden ver todas las soluciones semanales: <http://geolabpasaia.org/gnss/ARA-net/>. De esta forma, desde 2007 se ha estado calculando PASA en modo rutinario. El estudio GNSS proporciona información sobre las posibles deformaciones de la corteza terrestre y muestran una excelente coherencia con las obtenidas por otros Organismos (EUREF). Por tanto, se puede decir que no se detectan deformaciones de la corteza, ni deformaciones en las instalaciones, éstas últimas gracias a las medidas geodésicas de la micro-red, principalmente las observaciones de nivelación.

Mareógrafo

El mareógrafo se instaló el año 2007, en las instalaciones de AZTI porque cumplían una serie de requisitos para trabajar con garantías. Por un lado es una zona que no está expuesta a mucho oleaje y por otro lado se evita mucho tráfico marino para evitar señales que introduzcan ruido en las series. Además es necesario registrar datos y alimentar al sensor, por lo que ha de estar en un lugar dotado de cierta infraestructura. Por este motivo, la mejor ubicación posible del mareógrafo es, sin duda, Pasaia. Además se da una circunstancia de gran relevancia y es que la línea NAP del IGN pasa a escasa distancia del lugar seleccionado. A esto hay que añadir que las oficinas de AZTI están en Pasaia, por lo que todos los requisitos iniciales quedan cumplidos, ya que es una zona cerrada al público y permanentemente vigilada con acceso a internet y suministro de corriente continua. Además, en AZTI ya se había decidido instalar una estación GNSS permanente (perteneciente a la Red GNSS de Gipuzkoa), por lo que se dispone de varias técnicas de observación, factor importantísimo en la geodesia.

El sensor empleado para tales fines, es un Paroscientific Modelo 745, con una resolución de 0.0001% y precisión de ± 0.08 hPa para los barómetros. Así, desde 2007 se analizan regularmente los datos brutos que se recogen y desde Septiembre de 2017 estos datos también son enviados al PSMSL. En 2016, AZTI instala otro mareógrafo de alta frecuencia. Así, a partir de una serie de datos intensiva se pueden separar los diferentes procesos que intervienen en la señal del nivel del mar: marea astronómica, marea metereológica y agitación portuaria.

Y en 2018, se prevé la instalación de un nuevo mareógrafo RADAR, que complementará con el sensor de presión existente, pudiendo contrastar alturas de lámina de agua y evitar pérdidas de datos en caso de que uno de los sensores no registre datos.

Nivelación

Para controlar la estabilidad vertical local del edificio donde se encuentra la antena GNSS, y controlar deformaciones locales, anualmente se realiza una nivelación geométrica, controlando

las alturas de los puntos de referencia colocados alrededor del puerto de Pasaia. Las deformaciones de la corteza terrestre son proporcionadas por el análisis GNSS. Como la antena GNSS, se encuentra en la azotea del edificio de AZTI, se necesita dar cota trigonométrica y para ello se emplea la técnica de recíprocas y simultáneas (Valbuena et al., 1996). Consiste en realizar de forma simultánea la observación entre dos estaciones totales situadas en dos puntos diferentes, obteniendo el desnivel entre ellos y eliminando el efecto de la refracción atmosférica y esfericidad de la Tierra. Así, una vez que se verifica la estabilidad de la instalación, los datos registrados en PASA pueden ser enviados al PSMSL.

Gravedad

En Agosto de 2017, el IGN midió gravedad absoluta dentro del pabellón de AZTI, trasladando este valor de gravedad a la BM principal del mareógrafo con un gravímetro Scintrex, con un error del orden de 10 microGales. Por tanto la becnhmark del mareógrafo tiene gravedad absoluta trasladada de un valor absoluto y además el punto de gravedad absoluta tiene altitud enlazada con la red local y con REDNAP, mediante nivelación de alta precisión. La gravedad añade una nueva técnica independiente que permite el estudio por debajo de la redistribución de masas causada por diferentes efectos, como la subida del nivel del mar. Estos datos proporcionados por el gravímetro, aportan valores sobre la marea terrestre, el movimiento vertical de la corteza terrestre, el rebote postglaciar y la carga oceánica. Estos datos se cotejarán con los datos de gravedad medidos en el sótano del Santuario de Loiola, al estar en una zona más tranquila, alejada de la costa y en una zona estable muy consolidada y con un impacto mínimo de la actividad humana.

Ejemplo. Determinación absoluta del aumento del nivel del mar mediante estimaciones de velocidad GNSS y datos de mareógrafo

Como se ha comentado con anterioridad, desde 2007 se tienen datos de mareógrafo y, por tanto, series temporales GNSS. Gracias a estas y a los controles para detectar deformaciones, es posible determinar las velocidades verticales de la estación GNSS y por tanto del mareógrafo. Así, es posible excluir estas velocidades de la variación bruta del nivel del mar, para poder obtener la variación real de éste. Las otras técnicas geodésicas se usan para detectar deformaciones (locales, de construcción, etc.), o para ayudar a comprender las redistribuciones de masas internas y el impacto de la marea sobre ellas. Analizando datos GNSS y mareógrafo de PASA, con otros centros (SONEL), se encuentran algunas coincidencias.

PASA (Estación de Referencia GNSS de Pasaia):

- Variación de nivel del mar (Estimación de AZTI): 0.88 mm/año
- GNSS velocidad vertical (IGS14): 0.49 mm/año

Por tanto, la suma de ambas nos daría **1.37 mm/año**

CANT (Estación de Referencia GNSS de Santander):

- Variación de nivel de mar (Estimación de AZTI): 1.50 mm/año
- GNSS velocidad vertical (IGS14): -0.13 mm/año
- Por tanto, la suma de ambas nos daría **1.37 mm/año**

Este análisis combinado de datos puede extenderse a todas las estaciones de mareógrafos en el Golfo de Bizkaia con estaciones cercanas GNSS (monitorizando cuidadosamente las deformaciones locales).

Los datos registrados por el mareógrafo de Pasaia, a partir del año 2007, siguen fielmente la evolución del nivel medio a escala anual registrado por otros mareógrafos similares en diferentes ubicaciones (Santander y Bilbao). De esta forma, diferentes datums de altura pueden vincularse a lo largo de grandes distancias, para obtener soluciones unificadas y armonizadas.

Conclusiones

En esta publicación se presenta GEOLAB y se muestran algunas de las actividades realizadas. Como punto principal, creemos que el mantenimiento de las instalaciones a largo plazo es la clave para obtener buenos resultados en casi cualquier disciplina, pero muy especialmente en el análisis de la fluctuación del nivel del mar. El nivel del mar está estrechamente relacionado con la geodesia, que nos proporciona información clave (con técnicas independientes) que es fundamental para comprender las tendencias reales del nivel del mar. Los datos geodésicos ayudarán a detectar los cambios en el nivel del mar, un mayor impacto en la rotación de la Tierra, la deformación de la corteza debido a mayores aumentos de marea, etc. Estos datos también ayudarán en el estudio de las mareas terrestres, así como en la Geodesia de Alta Precisión.

Los trabajos realizados hasta el momento, a pesar de la corta historia de GEOLAB, son muy prometedores y muestran que estamos preparados para abordar las desafiantes necesidades de GNSS/geodesia a corto o mediano plazo, entrar las que merecen ser destacadas:

- Inclusión de satélites GALILEO en análisis rutinario. Se han realizado pruebas exitosas, pero sólo unas pocas estaciones, a día de hoy, proporcionan información de esta constelación.
- Gravedad + nivelación y nivelación + GNSS. (geoide adaptado a superficie de referencia alimétrica, ya calculada pero no en uso),
- GNSS en tiempo cuasi-real.
- Predicción del vapor de agua para avisos tempranos de galernas, tormentas,...

Referencias

- ARA, EUREF OC: <http://epncb.oma.be/ftp/center/oper/ARA.OC> (visitado el 2018/02/05).
- ARA, EUREF DAC:http://epncb.oma.be/ftp/center/analysis/ARA_DEN.AC (visitado el 2018/02/05).
- EUREF CB. <http://www.epncb.oma.be/> (visitado el 2018/02/05).
- EPN Densification. http://epncb.oma.be/_densification/ (visitado el 2018/02/05).
- EVRF2007. http://georepository.com/datum_5215/European-Vertical-Reference-Frame-2007.html (visitado el 2018/02/05).
- GEOLAB Pasaia: <http://geolabpasaia.org/> (visitado el 2018/02/05).

Guidelines for the EPN Analysis Centres. http://www.epncb.oma.be/documentation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf (visitado el 2018/02/05).

PSMSL, PASA: <http://www.psmsl.org/data/obtaining/stations/2338.php> (visitado el 2018/02/05).

Valbuena, J. L., Vara, M. D., Soriano, M. L., Rodríguez, G., Sevilla, M. J. 1996. Instrumentación y metodología empleadas en las técnicas altimétricas clásicas. Instituto de Astronomía y Geodesia. 1996, n 190. Serie: Publicación. Instituto de Astronomía y Geodesia 190. URI: <http://hdl.handle.net/10261/24171>. ISSN: 0213-6198.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al Instituto Geográfico Nacional (IGN), por proporcionarnos datos gravimétricos y de Nivelación de Alta Precisión. A la Diputación Foral de Gipuzkoa (DFG), por los fondos y el apoyo brindado a este proyecto.

Les stratégies d'aménagement à l'épreuve de la dynamique littorale

Beillouin, Thomas¹

Mot-clés : érosion, submersion, trait de côte, adaptation, risques, aménagement

De la mobilité du trait de côte à l'épaisseur spatio-temporelle du littoral

Introduction

Le littoral est le lieu privilégié d'une hybridation entre milieu naturel et activités humaines. À l'échelle du globe, on estime que 60 % de la population vit dans les zones côtières (Béoutis, Colas, Jean, 2008) ; une présence en constante augmentation, qui génère une importante richesse économique (Guingand, Quintrie-Lamoth, 2012) mais accroît simultanément la vulnérabilité des installations humaines face aux aléas côtiers – érosion et submersion marine. Les vagues d'urbanisation des 19e et 20e siècles ont permis un essor du tourisme balnéaire, principalement basé sur la maîtrise du milieu naturel par l'infrastructure (Rouillard, 1995 ; Picon, Prelorenzo, 2000) tout en donnant naissance à un « territoire à risques » soumis à la fois à une pression anthropique et à la dynamique littorale (Lageat, 2016). L'espace côtier est ainsi remodelé de manière incessante, tant par l'urbanisation que par la mobilité du trait de côte. L'analyse de cet héritage et la manière de penser son évolution face aux risques constituent le sujet de cette recherche en architecture. Celle-ci se focalise sur le contexte français tout en faisant ponctuellement appel à des références étrangères.

Cet article s'interroge en particulier sur le rôle de la catastrophe dans l'initiation des stratégies d'adaptation, dont il présente les principales limites. Il montre en quoi la perception du risque et la constitution d'une « mémoire collective » constituent des enjeux décisifs pour leur mise en œuvre. Enfin, il expose la nécessité d'une réglementation dynamique, étroitement corrélée aux aléas. L'épaisseur littorale, dynamique dans l'espace et dans le temps, y est proposée comme cadre conceptuel pour appréhender aussi bien les facteurs de risque que les ressources territoriales favorables aux stratégies d'adaptation.

Données et méthodes

Trois principaux axes méthodologiques guident cette recherche. Le premier s'intéresse à l'apparition du concept de trait de côte, à sa mise en forme architecturale, et à l'intérêt plus récent porté à

l'idée d'épaisseur littorale à travers la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Il donne lieu à une lecture historique du site littoral, considéré comme sujet d'architecture. Le second consiste à caractériser l'épaisseur littorale et à comprendre son rôle dans les stratégies d'adaptation aux risques. La géographie et l'urbanisme sont rapprochés pour choisir et analyser sept cas d'étude, représentatifs d'une certaine diversité des littoraux : Vias, Lacanau, Petit-Bourg, La Camargue, Nantes/Saint-Nazaire/Saint-Brévin-les-Pins, la Vallée de l'Agly et la Rochelle. Ces sites donneront lieu à la production d'un atlas cartographique explorant six paramètres : la géomorphologie, les morphologies urbaines, les liens existant entre côte et arrière-pays, le sens de la croissance urbaine, les facteurs physiques limitant l'épaisseur littorale et les stratégies d'aménagement déployées face aux aléas côtiers. Le troisième interroge l'évolution des techniques constructives sur le littoral ; il s'agit d'identifier les enjeux architecturaux des stratégies d'adaptation, susceptibles de transformer le paysage côtier. Cet article s'inscrit dans le second axe méthodologique et s'appuie sur les cas d'études ainsi que sur des références complémentaires.

Résultats et discussion

Le désarroi des populations face aux catastrophes naturelles récentes – Irma et Xynthia notamment – a mis en lumière le manque d'outillage des acteurs de projet pour réduire la vulnérabilité des territoires littoraux. Cela supposerait un changement de paradigme : passer d'une logique de la solidité à la recherche d'une forme de souplesse, aussi bien à l'échelle urbaine qu'à celle des techniques constructives. La catastrophe naturelle semble décisive dans l'initiation des stratégies d'adaptation. En marquant un « avant » et un « après », elle est susceptible de provoquer une rupture dans les processus d'aménagement conventionnels, basés sur la reproduction d'un modèle de conquête du littoral remontant au 19e siècle (Rouillard, 1995). L'exemple de Long Island, sur la côte est des Etats-Unis, presque entièrement ravagée par la tempête Ash Wednesday de mars 1962, montre pourtant que cette rupture n'est pas systématique. En dépit des interactions avérées entre installations humaines et milieu naturel, le réaménagement a donné lieu à une reconstruction de l'île à l'identique, traduisant la reproduction d'une culture constructive conventionnelle. La situation de vulnérabilité antérieure à la tempête a ainsi été reconduite (McHarg, 1969).

Néanmoins, en France, l'évolution des textes réglementaires depuis la seconde moitié du 20e siècle indique l'existence d'une étroite corrélation entre les grandes catastrophes et la proposition de lois ou de plans d'adaptation. Tableau 1 Cette forme de « jurisprudence du risque » enrichit de manière incrémentale la panoplie des outils d'aménagement urbain disponibles pour faire face aux risques. Par ses effets – dégâts humains et matériels –

¹Observatoire de la condition suburbaine (OCS) – École d'architecture, de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée 12, avenue Blaise Pascal 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2 France
E-mail: thomas.beillouin@marnelavallee.archi.fr

Tableau 1. Liens de causalité entre catastrophes et évolution réglementaire par loi ou plan. Sources : textes de loi et communiqués de presse.

Date événement	Catastrophe	Date loi/plan	Principaux dispositifs adoptés
Hiver 1981	Inondations vallées de la Saône, du Rhône et de la Garonne	13/07/1982	- Plan d'exposition aux risques (PER) - Indemnisation des catastrophes naturelles
Septembre 1992	Inondation de Vaison-la-Romaine : 34 morts, 4 disparus, 460 M€ de dégâts	02/02/1995	- PER transformés en Plans de prévention des risques naturels (PPRN) - Création du fonds « Barnier » pour financer les expropriations
Février 2010	Tempête Xynthia : 47 morts (dont 29 à la Faute-sur-Mer par rupture de digues), 1,5 G€ de dégâts	13/07/2010	- Intégration de la submersion marine et des crues rapides dans les PPRN - Amélioration de la prédictibilité des événements climatiques exceptionnels - Renforcement de la maintenance des ouvrages de protection - Développement d'une culture du risque
Hiver 2013-2014	Tempêtes en Aquitaine : recul du trait de côte jusqu'à 50 mètres, 75 sinistrés à Soulac-sur-Mer (immeuble « Signal »)	13/07/2016	- Proposition de loi pour l'adaptation des littoraux au changement climatique - Érosion intégrée dans les risques majeurs reconnus par le fonds « Barnier »

la catastrophe rend tangible la vulnérabilité des installations humaines et peut conduire à l'amélioration de la gestion de crise et l'élaboration de stratégies d'adaptation des territoires. Leurs retombées dépassent l'échelle du lieu initial de la catastrophe.

Mais les textes réglementaires ne fournissent qu'un cadre général et leur application n'est ni aisée, ni univoque. À ce titre, l'exemple de la reconstruction des ouvrages de défense côtière en Vendée et en Charente-Maritime après la tempête Xynthia constitue un paradoxe. De grands travaux de renforcement ont été financés grâce au Plan de prévention de la submersion marine et des crues rapides (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 2017). Tout affichant la volonté de renforcer la surveillance et la maintenance de la protection côtière, ce plan illustre la persistance d'un mode d'aménagement conventionnel du littoral à travers la quête renouvelée d'une maîtrise technique de l'aléa.

Cependant, parallèlement à ces travaux, l'après Xynthia a aussi donné lieu à une réforme plus profonde des modes d'urbanisation. Cette réforme s'est principalement fondée sur une traduction réglementaire systématique du risque. En effet, sous l'impulsion de l'État, l'adoption des PPRN s'est accélérée dans les communes littorales (Brodhag, Guézo, Villar, 2012). Bien que positive à de nombreux égards, la méthode de mise en œuvre des PPRN présente plusieurs difficultés. Premièrement, elle confère à la modélisation numérique du risque un rôle crucial. Une frontière est alors instaurée entre l'expertise scientifique, visant à déterminer les aléas, et le champ du politique, qui vise à débattre des règles d'aménagement (Bayet, 2000). Ce procédé entérine une certaine opacité réglementaire et méthodologique, suscitant des interrogations au sein du grand public mais aussi parmi les professionnels de l'aménagement (Ansel, et al., 2010). Deuxièmement, les PPRN ont des conséquences importantes sur l'acceptation sociale de l'adaptation aux risques. Pour certains propriétaires, ils signifient la perte de leur bien en application des « zones à risque d'extrême danger pour la vie humaine » souvent incomprises (Chadenas, Mercier, 2012). Plus couramment, le zonage réglementaire peut rendre des terrains inconstruitables et provoquer l'indignation des propriétaires, comme sur l'île de Ré, ou encore limiter drastiquement la capacité d'évolution des territoires affectés par des aléas cumulés, comme à Vias (de Dieuleveult, G., 2014 ; Obras Architectes, 2016). Troisièmement, l'événement climatique exceptionnel, fréquemment utilisé comme référentiel d'intensité, peut conduire à fixer une cote

altimétrique de sûreté toute théorique. À La Rochelle, des ouvrages de protection intégrés aux espaces publics du port ont ainsi été dimensionnés à partir d'une cote appelée « Xynthia + 20 cm ». Celle-ci résulte du niveau de la surcote enregistrée lors de Xynthia, auquel s'ajoutent vingt centimètres correspondant à l'élévation du niveau marin (Communauté d'agglomération de La Rochelle, 2013 ; Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer [MÉEM], 2015). L'intégration du risque dans le projet d'espace public est intéressante, mais le caractère fixe et théorique du dimensionnement des ouvrages interroge si l'on considère l'intensité croissante des phénomènes météorologiques exceptionnels. Entre reproduction d'une culture constructive conventionnelle et fonctionnalisme réglementaire, comment améliorer l'efficacité des stratégies d'adaptation déployées sur les territoires littoraux ?

Des actions de sensibilisation et de mobilisation du grand public peuvent faciliter le développement des stratégies d'adaptation de manière positive et proactive. L'appel à idées « Imaginer le littoral de demain » a ainsi été lancé en France en 2016. Il a donné lieu à 30 projets innovants, dont une étude sur l'île d'Oléron menée par des étudiants de l'école d'architecture, de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée. Ils y proposaient l'utilisation d'une vignette « Grain de sable » autorisant les touristes à stationner en échange d'une participation forfaitaire à la reconstitution des dunes (Galzin, Goupil, Schlumberger, 2017). Ce dispositif a une triple efficacité en tant qu'instrument financier, moyen de dissuasion et outil de sensibilisation à la fragilité de l'écosystème dunaire. Un autre moyen de sensibiliser le grand public consiste à représenter de l'aléa de submersion marine *in situ* pour rendre le risque perceptible. Il a été utilisé par l'agence Landescape à la Rochelle dans le cadre du projet « Littoral + 2°C » : des troncs d'arbres peints en bleu représentaient, dans l'espace vécu, les surcotes liées à la tempête Xynthia et à l'hypothèse « Xynthia + 60 cm ». Cette utilisation du land art a permis de communiquer de manière pédagogique sur les objectifs du PPRN (MÉEM, 2015). La constitution d'une mémoire collective et la mobilisation du grand public sont devenus centraux dans la mise en œuvre des stratégies d'adaptation.

L'élaboration d'une réglementation dynamique et mieux corrélée aux aléas côtiers permettrait un aménagement plus souple du littoral. La loi Littoral organise un contrôle de l'urbanisation d'autant plus élevé que l'espace considéré est plus proche du rivage ; cette distance est appréciée en valeur absolue (100 m depuis

le rivage) à laquelle s'ajoute une marge laissée à l'appréciation des décideurs (de Lanversin, Zitouni, 1993). La prise en compte des aléas côtiers dans les PPRN a permis d'objectiver la notion d'épaisseur déjà contenue dans la loi Littoral. Bien que leur cartographie fige parfois l'usage du sol, elle accorde au moins aux phénomènes naturels leur place dans l'aménagement. Cette évolution peut être vue comme une première étape vers l'idée de zonage évolutif, que le géographe Roland Paskoff appelait de ses vœux : « On pourrait définir, à partir du rivage, trois bandes de terrain délimitées par la position qu'il occupera à échéance de dix ans, de trente ans et de soixante ans. Dans la première bande aucune construction de quelque nature que ce soit ne serait autorisée. On ne tolérerait dans la seconde que des installations mobiles et dans la troisième seulement des équipements légers à durée de vie courte. Quant aux aménagements lourds, à amortissement long, comme les immeubles et les routes, ils ne pourraient être implantés qu'au-delà de ce que sera la position supposée du rivage dans soixante ans. Ce zonage devra être périodiquement révisé et réajusté en fonction du comportement réel de la plage. » (Paskoff, 1985, p. 73). Cette approche dynamique ouvre la voie à de nouveaux rapports entre côte et arrière-pays, faisant de l'épaisseur spatio-temporelle du littoral un projet en-soi. Le projet de valorisation de la vallée de l'Agly, mené par l'agence Obras au nord de Perpignan, utilise ces potentialités. Figure 1 La cartographie des points forts du territoire, localisés le long du fleuve côtier, élargit le cadrage. Le paysage côtier n'est plus limité au front de mer caractéristique du 20e siècle, mais englobe le système agricole et urbain rétrolittoral (Obras Architectes, 2017). Cette approche holistique allie l'intégration des aléas et la recomposition du paysage côtier.

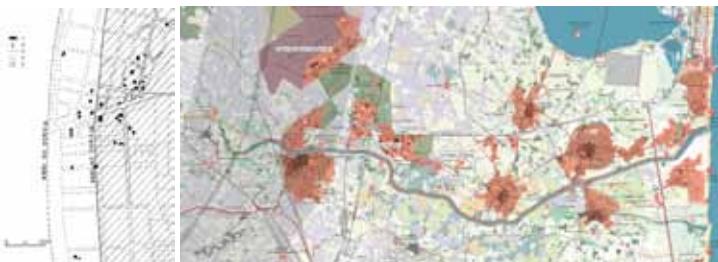


Figure 1. À gauche, recul du trait de côte entre 1888 et 1985 à l'Amélie-les-Bains et impact sur le tissu urbain. À droite, projet de valorisation de la Vallée de l'Agly organisant de nouveaux liens entre côte et arrière-pays.
Sources : Paskoff, 1985 (d'après P. Barrère et M. Cassou-Mounat, 1986) ; Obras, 2017.

Conclusions

La catastrophe naturelle, marqueur d'un « avant » et d'un « après », joue un rôle central dans la perception du risque. En France, elle alimente une jurisprudence du risque, contribuant ainsi à l'évolution incrémentale des textes réglementaires. De nouveaux outils apparaissent dans les champs de l'aménagement et du juridique. Leurs effets sont analysés à travers différents exemples de réaménagements post-catastrophe. Leur étude révèle la coexistence de décisions d'aménagement complémentaires qui oscillent entre reproduction d'une culture constructive

conventionnelle et fonctionnalisme réglementaire. Malgré leur efficacité, ces mesures ont des limites – incompréhension par le grand public, manque de projet, effets contre-productifs... Des initiatives expérimentales tentent de dépasser ces limites par le projet. La constitution d'une mémoire collective devient le préalable à une appréhension dynamique des aléas. L'épaisseur spatio-temporelle du littoral, comme projet, en est un levier.

Références

- Ansel, R., Guerrouah, O., Martin, B. and With, L., 2010. Territorialisation ou déterritorialisation du risque ? Analyse comparative et critique de la procédure de réalisation des PPRNP. *Riseo : risques études et observations*, (1), p. 29.
- Bayet, C., 2000. Comment mettre le risque en cartes ? L'évolution de l'articulation entre science et politique dans la cartographie des risques naturels. *Politix*, 13(50), pp. 129-150.
- Brodhag, É., Guézo, B. and Villar, C., 2012. Vers une gestion territoriale du risque littoral. *Techni.Cités*, (228), p. 26.
- Chadenas, C. and Mercier, D., 2012. La tempête Xynthia et la cartographie des « zones noires » sur le littoral français : analyse critique à partir de l'exemple de La Faute-sur-Mer (Vendée). *Norois*, (222), pp. 45-60.
- Communauté d'Agglomération de La Rochelle, 2013. *Note de synthèse. Programme d'Action de Prévention des Inondations « Agglomération rochelaise »*. La Rochelle: CALR, p. 9.
- De Dieuleveult, G., 2014. L'immobilier de la discorde à l'île de Ré. *Le Figaro Magazine*, [online] Available at: http://immobilier.lefigaro.fr/article/l-immobilier-de-la-discorde-a-l-ile-de-re_04f423d4-a453-11e3-9f45-973bafb5cc35/ [Accessed 29th December 2017]
- De Lanversin, J. and Zitouni, F., 1993. Temps couvert sur la loi littoral. *Urbanisme*, (269), pp. 68-71.
- Galzin, A., Goupil, H. and Schlumberger, O./ENSA Marne-la-Vallée, 2017. *Préparer le littoral à la montée des eaux. Dolus-d'Oléron comme laboratoire d'un aménagement résilient*. [Booklet] March 2017 ed. Marne-la-Vallée: ENSA Marne-la-Vallée, p. 41.
- Guingand, A. and Quintre-Lamoth, T./Ministère de l'Énergie, du Développement durable et de l'Énergie, 2012. *Analyse économique et sociale de l'utilisation de nos eaux marines et du coût de la dégradation du milieu marin*. Paris: MÉDDE, p. 2.
- Lageat, Y., 2016. Dynamique côtière et gestion des littoraux. In: B. Toulier, *Tous à la plage ! Villes balnéaires du 18^e siècle à nos jours*. Paris: Lienart, p. 116.
- McHarg, I.L., 1969. *Design with Nature*. Reprint 1992. New York: John Wiley & Sons Inc., pp. 16-17.
- Ministère de l'Environnement de l'Énergie et de la Mer, Ministère du Logement et de l'Habitat Durable, 2015. *Comment mieux bâtir en terrains inondables constructibles. Grand Prix d'Aménagement 2015*. Paris: MEEM, MLHD, pp. 82-85.
- Obras arch., 2016. *Expérimentation de la relocation des activités et des biens de la Côte Ouest de Vias. État des lieux, diagnostic et enjeux*. [Booklet] July 2016 ed. Paris: Obras arch., pp. 90-91.
- Obras arch., 2017. *La Porte d'entrée Nord des Pyrénées-Orientales et de l'agglomération de Perpignan. La vallée de l'Agly comme paysage structurant*. [Booklet] April 2017 ed. Paris: Obras arch., p. 32.
- Paskoff, R., 1985. *Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution*. 3rd edition 1998. Paris: Masson & Armand Colin, p. 73.
- Picon, A. and Prelorenzo, C., 2000. *L'aventure du balnéaire. La Grande Motte de Jean Balladur*. Marseille: Parenthèses.
- Rouillard, D., 1995. *Le site balnéaire*. Bruxelles: Pierre Mardaga, p. 327.

Remerciements

L'auteur tient à remercier l'agence Obras pour l'accès aux documents relatifs au projet mentionné.

La résilience des écosystèmes comme concept de gestion du littoral : les défis communs du traitement juridique des constructions et activités en zones à risque

Maxant, Jean-René¹

Mots-clés : Droit du littoral, Loi littoral, Ley de costas, Recul du trait de côte, Regresión grave, Proposition de loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique

Introduction

Tant en France qu'en Espagne, ne serait-ce que sur leurs 5853 et 5849 kilomètres de linéaires côtiers continentaux respectifs, le recul du trait de côte par submersion ou érosion est un des problèmes actuels majeurs induits par le changement climatique global et aggravés par une anthropisation sans cesse croissante. À titre d'illustration et selon l'Observatoire de la côte aquitaine, la côte sableuse devrait reculer en moyenne de 20 mètres d'ici 2025 et de 50 mètres d'ici 2050. Ne pouvant plus être aujourd'hui considérés comme un phénomène ponctuel ou occasionnel, les effets de la résilience de l'écosystème littoral, et plus précisément l'érosion côtière et la submersion marine, sont devenus un défi imminent pour le développement des communes littorales. Celles-ci doivent se résigner à lutter systématiquement contre la nature, le tout dans un contexte social tendu où sont en jeu des biens de valeurs économique et affective souvent très élevées.

Confronté à ces nouveaux enjeux sociaux et environnementaux mais également à l'insuffisance des instruments juridiques usités jusqu'alors, le législateur s'efforce aujourd'hui de réguler et faire accepter l'inévitable avancée de la mer, érigent ainsi la résilience de l'écosystème marin comme nouveau concept de gestion du littoral au travers de la reconnaissance juridique du phénomène de recul du trait de côte (1) et du maintien sous conditions de l'activité humaine et économique (2).

La reconnaissance du phénomène de recul du trait de côte

Si la gestion des risques littoraux induits par le changement climatique global a été prise en compte dans l'ordonnancement juridique espagnol par la réforme de la Ley de costas de 2013, ce n'est que prochainement que le législateur français devrait les reconnaître par le biais d'une future Loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique, venant en renfort de la fameuse Loi littoral de 1986. L'approche intellectuelle des

deux régimes demeure cependant bien différente, notamment pour ce qui est de la question des propriétés privées évacuées de leurs occupants ou menacées de l'être en raison de la montée du niveau de la mer. Pour amorcer un début de réponse à cette problématique toute autant délicate socialement que juridiquement, le droit a dû reconnaître et définir ce risque afin de l'intégrer dans les stratégies nationales et locales de gestion du littoral, puis de lui affecter un régime juridique propre.

En Espagne, bien qu'introduit dès 2013 dans la réforme de la Ley de costas, le phénomène de régression côtière a fait l'objet d'un traitement juridique très éloigné de la régulation des propriétés privées menacées ou déjà évacuées. Selon l'article 13 ter du texte, les terrains que l'administration générale de l'État espagnol peut déclarer en situation de « régression grave » sont ceux « du domaine public maritime et terrestre sur lesquels s'observe un recul du trait de côte de longueur et sur un intervalle de temps établis réglementairement, et toujours s'il est estimé qu'ils ne pourront récupérer leur état antérieur par des processus naturels ». L'article 29.1 du Reglamento general de Costas viendra compléter cette définition en précisant que ce recul devra être supérieur à 5 mètres par an sur une période continue de cinq ans. Cette définition particulièrement technique, et donc restrictive pour ce qui est de l'interprétation du juge selon la réalité de terrain, n'emporte de conséquences juridiques que sur le régime d'occupation d'une frange restreinte du littoral : celle du domaine public maritime et terrestre (DPMT) sensible à l'érosion côtière. Sa principale conséquence est qu'aucun nouveau titre d'occupation ne pourra y être délivré.

La disposition exclut donc les propriétés privées qui pourront bénéficier par administration de l'État de moyens de protection, conservation ou restauration à charge pour partie des propriétaires (article 87 bis de la Ley de costas) sous peine d'être automatiquement incorporées au DPMT après leur submersion. La solution de « faire participer aux dépenses de premier établissement, d'entretien et d'exploitation des ouvrages les personnes qui ont rendu les travaux nécessaires ou qui y trouvent intérêt » a par ailleurs été retenue en France par l'article L.151-36 à 39 du Code rural et de la pêche. Elle prolongerait de manière artificielle la durée de vie de biens qui auraient été détruits par l'action de la mer et incorporés au domaine public maritime. Cependant, elle ne résoudrait pas le double paiement par la personne publique de la réalisation de la protection puis de l'acquisition des biens protégés lorsque les ouvrages ne seront plus efficaces (A. GUEGUEN, M. RENARD).

En France, si les actuels articles L.321-13 et L. 321-14 du Code de l'environnement créés par la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité de la nature et des paysages posent

¹Doctorant en droit public, Univ. Perpignan Via Domitia (dir: F. GALLETI), ED INTERMED 544, EA 4216 CDED, équipe CERTAP, France.

Cotutelle avec Univ. de Gérone (dir: J.M. AGUIRRE I FONT), Espagne MARBEC, Univ. de Montpellier, CNRS, IFREMER, IRD, Sète, France E-mail: jrmaxant@outlook.com

les bases de la gestion de l'évolution du trait de côte à l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire, la proposition vient préciser, dans sa dernière version adoptée par le Sénat (M. VASPART), l'articulation et l'intégration de ce risque avec et au sein des différents documents d'urbanisme ou stratégiques locaux comme nationaux, en l'assortissant d'une définition du recul du trait de côte faisant jusqu'alors défaut.

Le risque de recul du trait de côte est déterminé par le préfet via les plans de prévention des risques naturels (PPRN) au travers des zones d'activité résiliente et temporaire (ZART, voir 2), en tenant compte des propositions de création ou de modification de ces zones inscrites dans les stratégies locales de gestion intégrée du trait de côte. Ces documents, à leur tour, doivent être compatibles avec les objectifs de moyen et de long termes en matière de gestion de trait de côte prévus par les schémas régionaux d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDET) ou les schémas d'aménagement régionaux (SAR). À défaut, ils devront l'être avec les schémas de cohérence territoriale (SCoT) qui eux prennent en compte les objectifs définis par la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.

La stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte dont l'État s'est doté en 2012 doit être mise en œuvre en cohérence avec la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI). Son délai de révision est calqué sur celui de la stratégie nationale de la mer et du littoral (SNML) soit six ans au lieu de dix comme initialement prévu. Elle est élaborée en concertation avec les collectivités territoriales, la communauté scientifique, les acteurs socio-économiques et les associations de protection de l'environnement et ses objectifs s'imposeront aux plans locaux d'urbanisme (PLU) et documents en tenant lieu, y compris en l'absence de SCoT.

Face aux multiples réalités et indicateurs que recouvre le trait de côte dans ses différentes variantes géologiques (côtes sableuses ou falaises), le législateur a proposé un compromis sous la forme de la définition suivante intégrée à l'article L.567-1 du Code de l'environnement. Il s'agirait ainsi d'un « déplacement, vers l'intérieur des terres, de la limite du domaine maritime en raison soit d'une érosion côtière par perte de matériaux rocheux ou sédimentaires, soit de l'élévation permanente du niveau de la mer. [...] Ce recul du trait de côte peut s'étendre au-delà des limites du rivage de la mer tel qu'il est défini à l'article L. 2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques. » Outre l'identification de l'érosion et de la submersion côtière comme facteurs du recul du trait de côte, le législateur précise que ce phénomène peut dépasser les limites classiques du domaine public. Recul du trait de côte et domanialité publique sont donc présentés comme deux concepts indépendants.

Le texte intègre également la dynamique littorale aux problématiques de gestion des territoires pour mieux lui affecter un zonage spécifique tout aussi adaptatif : la ZART. Contrairement au régime espagnol, cette définition est dépourvue de précisions techniques, défi auquel devra très certainement se confronter une nouvelle fois le juge selon les réalités géographiques.

Une fois apprécié le retrait des espaces terrestres côtiers, la proposition de loi vise à permettre l'indemnisation jusqu'alors

imprévue juridiquement des propriétaires expulsés de leurs immeubles d'habitation sans expropriation.

L'incontournable épopee contentieuse des copropriétaires de l'immeuble « Le Signal » à Soulac-sur-Mer en Gironde, dont l'affaire est actuellement pendante devant le Conseil d'État, illustre assurément la nécessité de construire un modèle indemnitaire pour les propriétaires victimes du recul du trait côte. Les 78 habitations que compte ce bâtiment construit à 200 mètres du rivage il y a 50 ans ont été évacuées en 2014 après prononcé par la puissance publique d'une interdiction d'habiter du fait de l'érosion côtière. En effet, l'avancée de la mer fait qu'aujourd'hui l'immeuble ne se trouve plus qu'à une vingtaine de mètres sur une avant-dune instable. Quid de l'indemnisation des différents propriétaires ? Si ces derniers ont soutenu que l'État s'est refusé à procéder aux travaux de consolidation nécessaires pour remédier au danger grave et imminent existant, le juge de la Cour administrative d'appel de Bordeaux (CAA Bordeaux, 9 février 2016, n°14BX03289) a rejeté cette prétention en se fondant sur l'article 33 de la loi du 16 septembre de 1807 selon lequel l'État n'est pas tenu de protéger ces biens, leur protection contre l'action naturelle des eaux incombe aux propriétaires intéressés. De surcroît, face à l'inopérance du mécanisme d'expropriation pour cause de risque naturel majeur (article L.561-1 du Code de l'environnement) qui ne s'applique qu'en cas de menace grave pour la vie humaine, c'est-à-dire qu'en cas d'effondrement de l'immeuble, le juge se trouvait dans l'incapacité de reconnaître aux copropriétaires un droit à indemnisation.

Par conséquent, l'article 2 bis de la proposition de loi compléterait la disposition du Code de l'environnement en vue de prévoir que l'expropriation pour cause de risque naturel majeur « s'applique également aux cas dans lesquels le risque de recul du trait de côte est la cause d'une interdiction définitive d'habiter ou d'utiliser les lieux ». De cette manière, il y aurait homogénéisation des traitements juridiques entre environnements sableux et rocheux qui jusqu'alors provoquaient de profondes incompréhensions sociales.

En effet, dans l'état actuel du droit, les conséquences du recul du trait de côte n'ouvrent droit à aucune indemnisation pour le propriétaire du bien menacé en présence de falaises sableuses car le phénomène est lent et prévisible et les biens sont directement incorporés au domaine public maritime de l'État (décision n°2013-316 QPC). En revanche, dans le cas des côtes rocheuses, était retenu le paiement d'une juste et préalable indemnité lors d'une appropriation publique forcée en raison de l'imprévisibilité du risque. Cette disposition ne serait toutefois valable que pour le seul cas des interdictions d'habiter intervenues avant l'entrée en vigueur du texte. Le législateur propose de faire appel à la solidarité nationale par le fonds de prévention des risques naturels majeurs ou « fonds Barnier ». Il se préoccupe dans le même temps de la soutenabilité de l'indemnisation en plafonnant cette dernière à 75% de la valeur estimée de chaque bien et en déduisant les indemnités d'assurances perçues. Pour le futur et à échéance de 10 ans, le régime d'indemnisation est fixé par l'article 13 relatif à l'éligibilité de l'indemnisation du recul du trait de côte au titre du fonds (voir 2).

Outre la problématique des propriétaires déjà évacués, la question s'est posée de la déconstruction préventive et de la relocalisation des activités menacées qu'aucun dispositif opérationnel n'envisageait jusqu'alors. C'est ainsi que la loi française propose un maintien de l'activité humaine et économique sous conditions.

Le maintien sous conditions de l'activité humaine et économique en France

Le littoral devenu « territoire du plein » voire « du trop plein » (J.-P. CORLAY) n'a cessé d'accueillir un nombre toujours plus important et diversifié d'activités utilisant des ouvrages publics ou privés qui aujourd'hui peuvent se situer en zones à risque. Si le droit espagnol n'envisage que la situation des concessions ou des futurs projets sur le DPMT au détriment des constructions privées soumises à l'inévitable montée des eaux, le législateur français s'est emparé de la question du maintien ou de la relocalisation de l'activité humaine et économique.

La nouvelle loi crée les zones d'activité résiliente et temporaire (ZART). Les ZART prennent en compte le risque du recul du trait de côte tout en maintenant les activités de toute nature – agricoles, commerciales, d'habitation ou encore destinées aux services publics – exposées à un risque présent mais non immédiat ou même à d'autres risques naturels sur le littoral. Les ZART sont alors conçues comme un espace intermédiaire entre zones rouges (inconstructibles) et bleues (constructibles avec condition) du PPRN.

Pour ce qui est du foncier des personnes publiques au sein d'une ZART, la puissance publique – l'État, les collectivités territoriales ou leur groupement, un établissement public foncier, le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres ou une société publique locale compétente – peut ainsi passer un contrat de location pour un immeuble situé dans une ZART mais ne relevant pas du domaine public. Ce contrat nouveau désormais dénommé bail réel immobilier littoral (BRILi), est encouragé fiscalement par un mécanisme semblable à celui applicable aux zones de revitalisation rurale. Il porte sur les biens immobiliers de certaines personnes publiques afin de permettre le maintien d'activités, sans pouvoir dépasser le terme prévu par le PPRN qui crée la ZART. L'initiative de cette création devrait incomber aux collectivités directement concernées et un régime indemnitaire serait envisagé pour les pertes relatives à la réalisation anticipée du risque de recul du trait de côte prévu dans le BRILi.

En ce qui concerne les propriétaires de biens privés situés en ZART et outre de nouvelles possibilités de préemption et de délaissement, la loi apporte une modification substantielle du régime du droit d'expropriation pour permettre de les indemniser via l'utilisation du fonds de prévention des risques majeurs appliqués aux biens menacés par le recul du trait de côte et déduit des indemnités d'assurances, à échéance de dix ans. Passée la date du 1^{er} janvier 2022 et à titre permanent, le risque de recul du trait de côte ne pourra ouvrir de droit à indemnisation qu'en l'absence de PPRN.

Enfin, la nouvelle loi lèverait deux obstacles juridiques majeurs pour la relocalisation des biens et activités (pour une définition, M. RENARD) situés en ZART.

Le déplacement était tout d'abord juridiquement irréalisable car la Loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové de 2014 rendait impossible le comblement dit des « dents creuses ». Les sénateurs prévoient désormais d'autoriser ce comblement entre hameaux existant dans le respect de nouveaux critères de proportionnalité pour libérer du foncier constructible et proposent de définir un périmètre d'accueil pour la reconstruction des biens menacés.

Également, la réimplantation plus en retrait des côtes est, au vu de la Loi littoral, considérée comme une nouvelle urbanisation qui viendrait déroger au principe de l'urbanisation en continuité des communes littorales (article L.121-8 du Code de l'urbanisme). La loi précise dorénavant ces possibilités d'urbaniser en discontinuité pour la relocalisation des activités et biens situés en ZART par le biais d'une identification par le SCoT et d'une délimitation opérée par le plan local d'urbanisme selon la procédure de modification simplifiée avec l'accord de l'autorité administrative compétente de l'État après avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites. Cet accord doit fixer les modalités de démantèlement et de remise en état des terrains d'assiette libérés et serait refusé si les constructions ou installations sont de nature à porter atteinte à l'environnement ou aux paysages. Il y en irait de même pour ce qui est des constructions ou installations nécessaires aux activités agricoles, forestières ou de culture marine, excepté pour les constructions agricoles ne générant aucune nuisance (hangar, bâtiment de stockage, plateforme de conditionnement pour les légumes, serres, points de vente, habitations), et toujours en dehors de toute covisibilité avec la mer et sans ouvrir droit ultérieurement à une extension de l'urbanisation. Leur serait étendue la dérogation prévue actuellement à l'article L.121-10 du Code de l'urbanisme et supprimée la condition liée à leur incompatibilité avec le voisinage des zones habitées. Si les constructions agricoles et annexes de taille limitée construites dans ce cadre ne pourront faire l'objet d'un changement de destination afin de dissuader d'éventuelles tentatives de transformations architecturales abusives à usage d'habitation, reste à espérer l'efficacité du dispositif en l'absence de contrôle prévu par le texte, ce que craignent certains députés (S. LUNEAU).

Références

- CORLAY J.-P., Géographie sociale, géographie du littoral. In: Norois, n°165, janvier-mars 1995. pp. 247-265
- GUEGUEN A., RENARD M., La faisabilité d'une relocalisation des biens et activités face aux risques littoraux à Lacanau, in Sciences Eaux & Territoires 2017/2, n°23, pp. 26-31
- LUNEAU S., Loi Littoral : vers une urbanisation renforcée des côtes ?, La Gazette des communes, publié le 6 février 2017, mis à jour le 7 février 2017, disponible au 1er février 2018 sur <http://www.lagazettedescommunes.com/488065/loi-littoral-vers-une-urbanisation-renforcee-des-cotes/>
- RENARD M. , Enjeux fonciers de la relocalisation des activités et des biens menacés par des risques littoraux », Sciences Eaux & Territoires

2016/2 (Numéro 19), p. 50-55.

VASPART M., Rapport fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable sur la proposition de loi, adoptée par l'Assemblée nationale, portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique, enregistré à la Présidence du Sénat le 21 décembre 2016

Observatoire de la Côte Aquitaine, Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050. Rapport final, étude réalisée par N. BERNON, C. MALLET, R. BELON, A. HOAREAU, T. BULTEAU et C. GARNIER, décembre 2016, disponible au 1er février 2018 sur <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-66277-FR.pdf>

Proposition de loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique de M. B. LE ROUX, Mmes P. GOT et C. BERTHELOT et plusieurs de leurs collègues, n° 3959, déposée le 13 juillet 2016.

Stratégies de gestion du Trait de Côte sur le littoral Basque Français

Tena, Emilio¹, Huveteau, Caroline², Sarrade, Caroline² et Pepin, Nicolas¹

Mot-clés : Stratégie, Trait de côte, Littoral, Erosion, Submersion, Risques côtiers.

Introduction

La France a acté sa stratégie nationale pour la mer et le littoral. Le document, validé par le décret n°2017-222 du 22/02/2017 après plusieurs années de concertation, est en train d'être appliqué aux différents territoires à une échelle locale (communes, agglomérations, cellules sédimentaires,...). Le Pays Basque Français est particulièrement concerné puisqu'il doit faire face aux risques d'érosion et de submersion de son littoral.

Les deux ex Agglomérations, Sud Pays Basque et Côte Basque-Adour (aujourd'hui rassemblées au sein de la Communauté d'Agglomération Pays Basque), se sont ainsi engagées dès 2012 dans l'élaboration de leur Stratégie locale de gestion de la bande côtière et des risques littoraux, déclinaison opérationnelle de la stratégie régionale de gestion du trait de côte portée par le GIP Littoral Aquitain et finalisée en juin 2012.

Aujourd'hui, les 35 km de côtes sableuses et rocheuses constituant l'ensemble de la Côte Basque font à présent l'objet d'une unique Stratégie locale de gestion des risques littoraux partagée par les huit communes du littoral (du Nord au Sud : Anglet, Biarritz, Bidart, Guéthary, Saint-Jean-de-Luz, Ciboure, Urrugne et Hendaye) et pilotée par la Communauté d'Agglomération Pays Basque. La stratégie, établie avec le concours d'ISL Ingénierie, se décline selon les grands principes de gestion suivants :

- préserver les secteurs naturels soumis à érosion,
- privilégier les actions douces sur des secteurs semi-naturels (recharge en sable, re-végétalisation, ...) et étudier les possibilités de repli progressif de certains enjeux ponctuels (campings et golfs par exemple),
- protéger les zones urbaines les plus denses de l'érosion et/ou de la submersion pour assurer la sécurité des biens et des personnes et préserver l'activité économique (maintien des ouvrages de protection, intensification des actions de lutte active, ...),
- maîtriser l'étalement urbain dans les zones à risques et sensibiliser la population.

La gestion du littoral et des risques côtiers est une réalité complexe et multidisciplinaire qui nécessite une analyse technico-économique fine et une vision à long terme des phénomènes et problématiques (environnement, tourisme,

contraintes réglementaires, contexte urbain ou naturel ou mixte, contextes géologique, hydrographique, hydrodynamique, morphodynamique, sédimentaire, activité économique, usages, etc.). Les documents produits dans le cadre de l'établissement de la stratégie locale visent donc à fournir un outil opérationnel d'aide à la décision à destination des collectivités locales (Agglomération et communes). Cette démarche, novatrice, constitue une approche de gestion concertée, responsable et durable des risques côtiers.

Données et méthodes

Le dossier technique établi dans le cadre de la stratégie locale a fourni des éléments clés d'aide à la décision et a abouti, en 2017, à l'approbation d'une véritable feuille de route pour les élus visant à gérer le littoral basque de façon durable et raisonnée sur une échelle temporelle d'environ 25 ans.

La méthodologie, adaptée de la stratégie régionale, et développée pour élaborer la stratégie locale de gestion des risques côtiers à l'échelle de l'ensemble du territoire basque est un processus inédit en France puisque la démarche croise à la fois une expertise scientifique dans plusieurs domaines (géologie, océanologie, génie côtier, écologie, sciences sociales et économiques, géomatique, statistiques...) et une approche analyse coût-avantage et multicritère complète (ACA/AMC).

Le littoral basque français présente par ailleurs la spécificité de partager deux types de morphologies côtières (côte sableuse au Nord puis côte rocheuse (argiles, marnes et flyschs) sur le reste du linéaire) et d'être très exposé aux houles énergétiques (orientation défavorable et présence du gouf de Capbreton au Nord qui concentre les sollicitations).

Les données de base utilisées pour l'établissement de la stratégie locale ont été collectées auprès des différents acteurs locaux et regroupent :

- Documentation historique (cartes et photos anciennes)
- Données bathymétriques et topographiques (Figure 1)

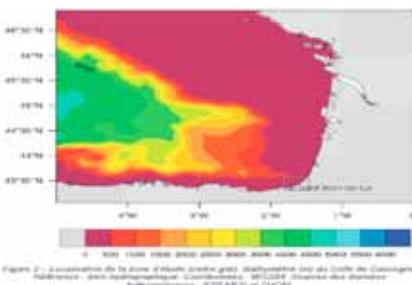


Figure 1. Contexte bathymétrique à grande échelle de la côte basque

¹ISL Ingénierie, 56 rue de Maréchal Harispe 64500 Saint-Jean-de-Luz

²Communauté d'Agglomération Pays Basque, 15 avenue Foch 64185

Bayonne

E-mail: tena@isl.fr

- Caractérisation des états de mer au large et à la côte (niveaux de la mer, houles, tempête,...)
- Contexte géotechnique et géologique local,
- Contexte environnemental (cartes réglementaires notamment)
- Dynamique estuarienne (Adour au Nord et Bidassoa au Sud)
- Aléa érosion et projections du trait de côte aux horizons 2023 et 2043 (établis par le BRGM en 2013)
- Aléa submersion (cartographie des PPRL et du TRI)
- Utilisation des sols,
- Aspects urbains (PLU, SCOT), économiques (fréquentation touristique, chiffres d'affaires, etc.) et valeur des biens (données DVF),
- ...

Résultats et discussion

L'établissement de la stratégie locale a conduit à la production des livrables suivants :

- Un rapport de diagnostic agrémenté de nombreuses cartographies et visant d'une manière simplifiée à répondre aux trois grandes questions suivantes :
 - Comment se caractérise le littoral de l'Agglomération ?
 - Comment évolue le littoral de l'Agglomération ?
 - Quelles sont les causes de l'érosion ?
- Une synthèse des objectifs territoriaux définis par les élus politiques sur chacun des secteurs caractéristiques du linéaire d'étude et visant à orienter la définition des scénarios de gestion à prendre en compte dans la stratégie.
- Un rapport détaillant la construction et la comparaison des différents scénarios de gestion considérés sur chacun des secteurs caractéristiques de la bande d'étude (cf. Figure 2) :
 - Le scénario « d'inaction » ou de « non gestion » est un scénario de référence défini par la stratégie régionale qui considère l'effacement complet de l'ensemble des ouvrages de protection présents sur le littoral. Ce scénario ne répond à aucune des stratégies locales fixées, dans la mesure où il est entièrement fictif, mais il permet la comparaison avec les autres scénarios dits « d'intervention ». Il sert aussi à évaluer l'impact maximal sur les enjeux que l'on pourrait observer dans la zone d'étude si aucune action de gestion n'était mise en place sur le littoral.
 - Le scénario « mode de gestion actuel » correspond à la continuité des actions menées par les collectivités sur le littoral jusqu'à la date d'aujourd'hui. Les modes de gestion actuels sont poursuivis sans modification et les ouvrages existants sont maintenus et entretenus sans qu'aucun nouveau confortement de grande ampleur ne soit réalisé.
 - Le scénario « repli stratégique des enjeux » consiste à évacuer et/ou déplacer les enjeux de la bande littorale soumise à érosion. Ce mode de gestion n'intervient donc pas sur les mécanismes mêmes de l'érosion (pas de modification des taux d'évolution du trait de côte). Il autorise cependant le retour à une respiration naturelle du système littoral en redonnant de l'espace pour un fonctionnement normal.

- Le scénario « lutte active en accord avec les objectifs ». A partir des objectifs territoriaux définis en phase 2 de l'étude, ce scenario de gestion vise à prioriser les secteurs où des actions de lutte active (dure ou douce) seraient à mettre en place pour assurer la pérennité des biens et des activités menacés par l'érosion, tout en restant cohérent avec les souhaits de développement des élus.
- Un rapport final de formalisation de la stratégie, dernière phase de l'étude qui vise, conformément aux indications de la stratégie régionale, à aboutir à une présentation des choix de gestion à mettre en œuvre sur le territoire de l'Agglomération Pays Basque. Cette formalisation se présente sous la forme de :
 - Une synthèse des grands principes de gestion actés par les élus pour chacun des secteurs caractéristiques de la bande d'étude (choix réalisés sur la base des résultats des analyses coûts/avantages et multicritère menées en phase précédente) ;
 - Un programme d'actions opérationnel qui récapitule les actions prioritaires à mettre en œuvre pour appliquer le scénario de gestion retenu sur chacun des secteurs de l'étude à horizon 2020 et 2040 ;
 - Un programme d'actions complémentaires pour une approche globale du risque érosion : études pour l'amélioration des connaissances, actions pour l'amélioration de la culture du risque, éléments de mise à jour des documents de prévention et des documents d'urbanisme, éléments de mise à jour des plans communaux de sauvegarde en cas de recul brutal du trait de côte pour faciliter l'alerte et la gestion de crise, etc.



Figure 2. Scenarios de gestion et approches ACA et AMC

Conclusions

L'établissement d'une stratégie locale de gestion des risques côtiers à l'échelle d'un territoire aussi vaste que celui de la côte basque est un processus inédit en France. Le littoral de Communauté d'Agglomération Pays Basque est en effet partagé

par des communes dont les modes de gestion historiques diffèrent nettement en fonction des caractéristiques de la commune (histoire, patrimoine, densité de l'urbanisation, objectifs de développement, activité économique, type de côte, usage des plages, morphologie des falaises, enjeux paysagers, etc.).

L'élaboration de la stratégie locale a nécessité un temps de maturation important au sein de chacune des communes et a été jalonnée par l'organisation de nombreuses réunions de concertation avec les services techniques et les élus référents. Cette maturation a permis aux élus de faire progressivement évoluer leur vision du littoral et les conduit, aujourd'hui, à homogénéiser leurs pratiques de gestion à l'échelle du territoire de l'Agglomération tout en les adaptant à la réalité du risque.

La stratégie locale telle qu'elle a été établie par la Communauté d'Agglomération Pays Basque vise en premier lieu à assurer la sécurité des personnes vis-à-vis des risques littoraux. Elle a pour objectifs secondaires, le maintien de l'attractivité balnéaire du littoral (baignade, glisse, nautisme), source de la majeure partie des revenus économiques des communes littorales, tout en préservant au mieux l'environnement et la qualité paysagère des sites, tout particulièrement sur les portions de côte encore épargnés par les confortements.

Les choix ont parfois été difficiles, notamment lorsque l'option de renforcement des falaises, nécessaire à la sécurisation des personnes, s'est opposée à la problématique environnementale et paysagère de préservation des sites ou à contrario que l'intérêt général n'était pas mis en exergue pour prévoir des actions de protection de biens privés. Une cohérence a cependant été recherchée à l'échelle globale de l'Agglomération, et a permis d'aboutir aux grandes orientations décrites précédemment. Cela démontre tout l'intérêt de la méthode mise en œuvre et notamment des analyses ACA et AMC qui permettent une comparaison éclairée des différents choix de gestion qui s'offrent aux collectivités.

Références

- GIP Littoral Aquitain. 2012. Stratégie régionale de la bande côtière –
BRGM. 2014. Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans
le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière ACBA et
ASPB. France.
Tena, E. and Pepin, N. 2015 - 2017. ISL-15F003- 15F090-Stratégie de
gestion du Trait de Côte ACBA ASPB. France

2. MULTZOA - Berealdiko gertaerak eta jarduketak

BLOQUE II - Eventos extremos y actuaciones

BLOC II - Évenements extremes et actions

TRACK II - Extreme events and action

Riesgos Costeros y técnicas ópticas de observación

Sánchez-Arcilla, Agustín, Jr.¹, García-León, Manuel¹, Gracia, Vicente¹, Marzeddu, Andrea¹, Gironella, Francesc Xavier¹, Sánchez-Arcilla, Agustín¹

Palabras clave: Erosión, sistemas de alerta, morfodinámica, técnicas de video, incertidumbre

Introducción

La intensificación de la presión de uso sobre nuestro litoral está generando un incremento de los niveles de riesgo, entendido como la probabilidad de un suceso por el valor económico de sus consecuencias. El aumento del nivel del mar y los cambios en las características del oleaje, asociados al cambio climático no harán más que agravar tal situación. El carácter no intrusivo de las técnicas de observación por imágenes ofrece grandes ventajas para la auscultación de los procesos costeros, al estar ubicados los sensores fuera de un medio tan dinámico como es la zona costera, especialmente la de rompientes donde las solicitudes sobre estructuras y sensores son máximas.

El uso de imágenes de video en el mar ha experimentado un rápido auge en estos últimos años debido entre otras cosas a los siguientes factores: (i) abaratamiento en los costes de adquisición asociados (Nieto et al., 2010); (ii) la incorporación de nuevas variables hidro-morfodinámicas (Benassai et al., 2017); (iii) la mejora en la resolución de las imágenes y el desarrollo de nuevas técnicas (Marzeddu et al., 2016) ópticas en laboratorio. En paralelo, los avances obtenidos en el campo del modelado numérico han permitido desarrollar sistemas de alerta costera enfocados a distintas peligrosidades (proyectos europeos MICORE, iCoast, RISKIT entre otros) y la elaboración de mapas de peligrosidades a distintas escalas.

El objetivo de este trabajo es evaluar la importancia de la actualización de las características topo-batimétricas de una playa en un sistema de predicción morfodinámico operacional. Para ello, se cuantificará la peligrosidad episódica frente a erosión e inundación en la playa de Musikz (País Vasco). En este estudio se reproducen los impactos generados por un temporal mediante el sistema morfodinámico operacional iCoast (Gracia et al., 2014) desarrollado por el LIM/UPC y se incorporan las observaciones obtenidas por el sistema KOSTASystem (AZTI).

Materiales y métodos

El temporal analizado tuvo lugar el 12 de Septiembre de 2012 y se caracteriza por presentar una altura significante en el pico del evento de 4,45m, 13,8s de período y una dirección del NO de acuerdo con los datos registrados por la boya de oleaje Bilbao II

perteneciente a la red costera de boyas de oleaje de Puertos del Estado. La duración del evento fue de 4,5 días, respecto de un umbral de altura de ola significante de aproximadamente 1.5m. siendo la carrera de marea de 3,75m. El episodio se corresponde a un temporal típico de la zona, con período de retorno inferior a un año.

La playa de la Arena (Msukiz), a poniente del dique de abrigo del puerto de Bilbao, tiene una longitud aproximada de 670m siendo una de las características morfológicas más relevantes la existencia de restingas al E y O de la playa, que le dan un carácter altamente confinado y protegido de la acción del oleaje. De acuerdo con la batimetría de la zona (AZTI) las isóbatas pueden ser consideradas quasi-paralelas hasta profundidades de 30m, estando condicionadas por la existencia de las restingas previamente mencionadas. La topografía de la zona intermareal es típica de playas de baja cota. El sedimento de la playa es de tipo arena con un diámetro medio de aproximadamente 0,3mm (AZTI).

El sistema de predicción iCoast se compone de cuatro módulos interconectados: (i) un módulo de predicción meteorológica, (ii) un módulo de predicción hidrodinámica, (iii) un módulo de predicción morfodinámico y (iv) un módulo del estado de la playa frente a una determinada peligrosidad. El resultado final es la elaboración automática de mapas con peligrosidades o riesgos frente a distintas presiones meteo-oceanográficas. En este trabajo se ha optado por utilizar los módulos hidrodinámico y morfodinámico para evaluar la sensibilidad de la respuesta del sistema playero frente a una variación en la configuración del perfil emergido.

En este caso particular, el módulo hidrodinámico consiste en el modelo SWAN (Booij et al., 1999), que propaga el oleaje des de aguas profundas hacia aguas someras. La resolución espacial de la última malla de anidamiento ha sido de 100m (figura 1), suficiente para considerar los procesos de refracción, shoaling, triadas y rotura. Los espectros de oleaje propagados por SWAN sirven como condición de contorno al módulo morfodinámico, constituido por el modelo bidimensional XBEACH (Roelvink et al., 2009). Este modelo resuelve a escala de grupo de olas: (i) la propagación del oleaje hacia la costa, (ii) la circulación costera, así como (iii) el transporte de sedimento y (iv) los patrones de acumulación/erosión derivados de este. En este caso se ha optado por un dominio computacional de malla curvilínea y densidad espacial variable, siendo la resolución aproximada en el límite de aguas profundas de 20m (entre la isóbata 15m y la profundidad de cierre) y de 5m para la zona intermareal (Figura 1). Dicha resolución permite resolver de forma adecuada las singularidades locales tales como las restingas o la zona urbanizada existente en el trasdós de la playa.

Los parámetros considerados para valorar y analizar el modelo de predicción iCoast han sido los patrones de erosión

¹Laboratori D'Enginyeria Marítima, Universitat Politècnica de Catalunya, D1 Campus Nord, Jordi Girona 1-3, 08034, Barcelona, España
E-mail: Agustin.Arcilla@upc.edu

y sedimentación expresados en metros (figuras 2c y 2d). Estos resultados son comparados con las imágenes obtenidas por el sistema KOSTASystem, un sistema de video-monitorización aplicado a la playa de Muskiz basado en la aplicación de técnicas fotogramétricas que permiten transformar una imagen oblicua en una imagen plana y métrica; siendo desarrolladas y gestionadas por AZTI.

Resultados y discusión

La Figura 2 muestra una comparativa entre los cambios morfológicos observados por el sistema KOSTASystem y los resultados del modelado iCoast. A grandes rasgos se observa como el comportamiento de la playa frente a este temporal puede ser considerado el típico de un ambiente disipativo con un patrón de erosión en las proximidades de la línea de orilla y una acumulación

de sedimento aguas adentro. Dicha acumulación en forma de barra de arena es claramente identificada en las imágenes TIMEX por la aparición de siluetas de color blanquecino como resultado de la rotura del oleaje. Las formas meandriformes y la presencia de canales en la zona intermareal revelan la alta complejidad morfodinámica de la playa en la que se produce una interacción entre el sedimento, el oleaje, la existencia de afloramientos rocosos, la marea y la ría de Barbadún.

El sistema de predicción iCoast para las condiciones del pico del temporal alimentado con una batimetría inicial actualizada (Figura 2c) muestra un comportamiento similar al observado en las imágenes. Las mayores erosiones, de hasta 0.6m, se producen en el lado E de la playa en coherencia con la dirección del oleaje (NO). Este sedimento es depositado principalmente en la zona sumergida de la playa hasta profundidades de 6m, si bien también se observan patrones de acumulación en la parte superior del perfil

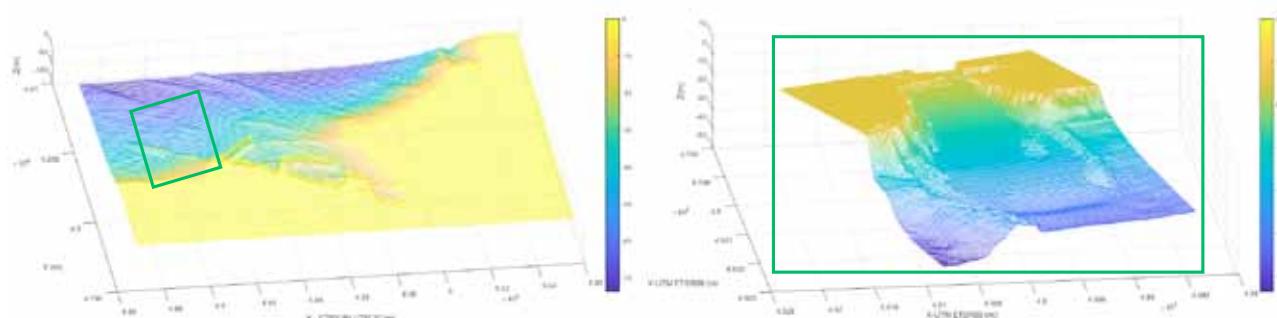


Figura 1. Dominios computacionales del sistema de predicción iCoast (izquierda: módulo hidrodinámico; derecha: módulo morfodinámico). La escala de colores muestra la batimetría en metros.

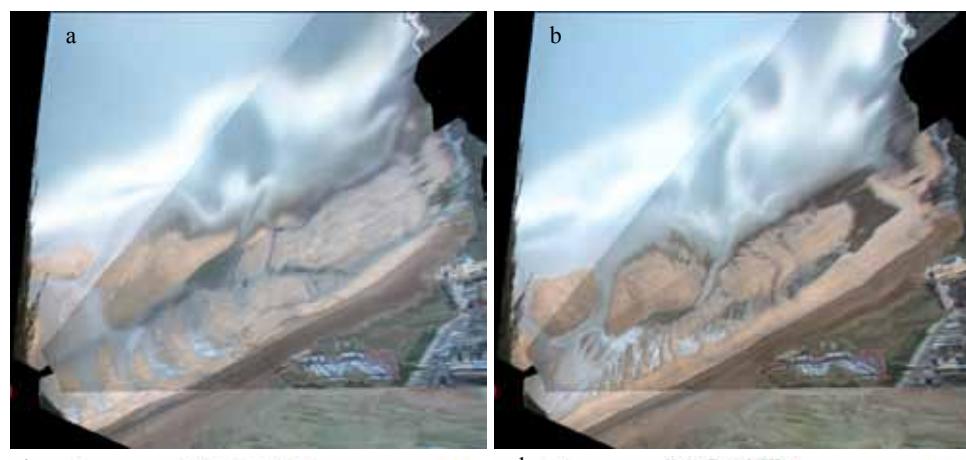
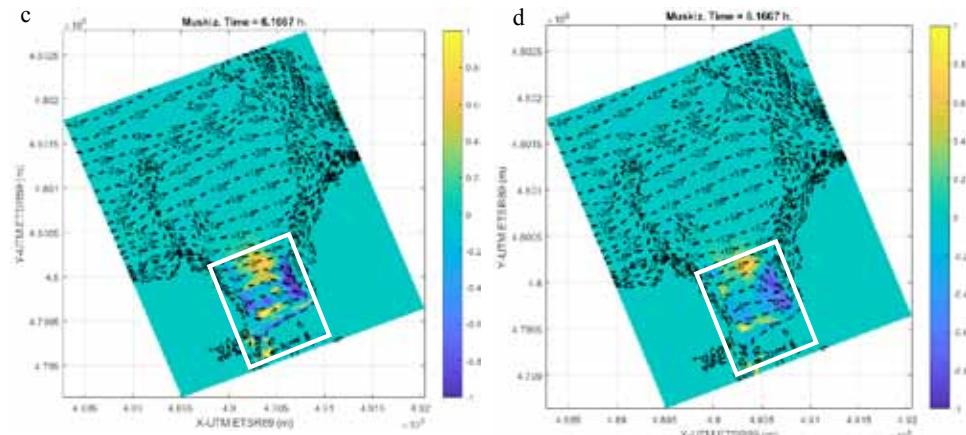


Figura 2. Imágenes obtenidas por el sistema KOSTASystem antes (2a) y después (2b) del temporal del 12-09-2017; patrón de sedimentación/erosión obtenido por el sistema iCoast con la batimetría actualizada en el pico del temporal (2c) y alimentando el sistema con una batimetría no actualizada (2d). En estas dos últimas el patrón de sedimentación (amarillo) y erosión (azul) se indica en metros.



como resultado de una interacción entre el oleaje y la marea.

Los resultados de esta simulación denotan una configuración topo-batimétrica de la playa resultado del impacto del temporal que es utilizada como condición inicial en el sistema iCoast. Nos referimos a este nuevo caso como una simulación con batimetría no-actualizada. Ésta representa la deriva o error a la que tienden los modelos morfodinámicos operacionales en el caso de no disponer de información morfológica adecuada. Como puede verse en la Figura 2d, los patrones de erosión acumulación resultan más marcados y afectan a una mayor superficie de playa. Las mayores erosiones se localizan en el sector E de la playa con valores cercanos a -1m, mientras que las zonas de acumulación (de hasta 0.6m de espesor) se distribuyen de forma más homogénea entorno a la isóbata -2m. El escenario resultante de la simulación no-actualizada es el de un ambiente de playa marcadamente barrado.

La resolución espacial y los fenómenos físicos considerados dotan a la cadena de predicción de gran sensibilidad frente a variaciones, tanto de las condiciones iniciales (batimetría), como de contorno. Dicha sensibilidad es especialmente relevante bajo altos gradientes hidrodinámicos (Sánchez-Arcilla et al. 2014) tal como se espera ocurrir bajo condiciones de climas futuros, en el que la playa puede no estar en equilibrio con los agentes hidrodinámicos.

Conclusiones

Los resultados de este estudio ponen de relieve la importancia de actualizar la batimetría en un modelo operacional morfodinámico, apuntando a la conveniencia de un enfoque combinado donde el modelo numérico se alimenta con observaciones de video y registradas in situ.

Las diferencias observadas en los patrones de erosión/sedimentación según se alimente el modelo con una u otra topo-batimetría inicial, pueden llegar a alcanzar valores del orden de 0.5m en la playa de Muskiz. Tales diferencias han sido observadas para condiciones típicas de un temporal con un periodo de retorno inferior al año.

Los patrones erosión/acumulación tienden a ser más heterogéneos cuando la batimetría inicial está actualizada. Cuando la batimetría no está actualizada los patrones post-temporal tienden a ser suavizados y por tanto, pueden conllevar errores importantes en la predicción operacional.

La incorporación de la topo-batimetría actualizada a partir de técnicas de videomonitorización ha de permitir una mejor predicción de los impactos tanto en intensidad como en la definición del instante del tiempo en el que se producen.

Referencias

- Benassai, G. Aucelli, P., Budillon, G., De Stefano, M., Di Luccio, D., Di Paola, G., Montella, R., Mucerino, L., Sica, M., and Pennetta, M. 2017. Rip current evidence by hydrodynamic simulations, bathymetric surveys and UAV observation. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. doi:10.5194/nhess-2017-53
- Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H. 1999. A third-generation wave model for coastal regions, part I: model description and validation. Journal of Geophysical Research, 104 (C4), 7649-7666
- Gracia, V., Sánchez-Arcilla,A.; García-León, M.; Gault, J.; Oller, P.; Fernández, J.; Sairouni, A.; Cristofiori, E. and Toldrà, R. 2014. A new generation of early warning systems for coastal risk. The iCoast Project. *Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering*.
- Marzeddu, A., Oliveira, T., Gironella, X., Sanchez-Arcilla, A. 2017. Variability of wave impact measurements on vertical breakwaters. J Hydraulic Res. Vol 55, 772-786
- Nieto, M. A. et al. 2010. "An Open Source, Low Cost Video-Based Coastal Monitoring System." *Earth Surface Processes and Landforms* 35(14):1712–19.
- Roelvink, J., Reniers A., Dongeren A. V., van Thiel de Vries J., McCall R. and Lescinski J. 2009. Modeling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. *Coastal Engineering* 56(11-12), 1133–1152.
- Sánchez-Arcilla, A., García-León M., and Gracia V. 2014. Hydro-morphodynamic modelling in Mediterranean storms - errors and uncertainties under sharp gradients'. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 14, 2993–3004.

Agradecimientos

Los autores agradecen las imágenes e información suministradas por AZTI, sin las cuales este análisis no hubiera sido posible. También quieren reconocer los proyectos COBALTO y ECOSISTEMA-BC del Programa estatal de investigación RETOS 2017 que han financiado parcialmente este trabajo.

Mapping wave attenuation induced by salt marsh vegetation using WorldView-3 satellite imagery

Collin, Antoine¹, Lambert, Natasha¹, James, Dorothée¹ and Etienne, Samuel¹

Keywords: salt marsh, wave attenuation, vegetation mapping, hydrodynamics, WorldView-3

Introduction

Coastal marshes lie on the worldwide interface between land and sea realms, and are known to affect the local hydrodynamic regime (Koch et al., 2006). The specific vegetation communities increase wave resistance (drag coefficient) and reduce water levels during storm surges (e.g., Costanza et al., 2008; Das and Vincent, 2009; Krauss et al., 2009; Wamsley et al., 2010). Coastal vegetation has also been shown to efficiently dissipate wave energy in low-energy environments. Field studies that documented this dissipation were carried out in intertidal flats in England (Möller, 2006), mangroves in Asia (Horstman et al., 2014), salt marshes in the United States (Jadhav et al., 2013). Salt marshes therefore play an important role in reducing coastal risks, exacerbated by sea-level rise and human densification. Most studies punctually (0D) monitor wave height and compute the attenuation in significant wave height (H_s) along 1D cross-shore transect (e.g., Jeanson et al., 2016). Spatially-explicit models (2D) are strongly expected by both scientists and stakeholders tasked with coastal adaptation. However, the numerical modelling is restricted to a few specialists in computer programming. We propose here the first 2D modelling of the wave attenuation induced by salt marsh vegetation using in situ pressure measurements combined with very high resolution (VHR) multispectral satellite image (WorldView-3, WV-3). The methodology will describe the wave signal monitoring and processing, satellite imagery processing, and multiple regression

modelling, developed to map the attenuation over an entire salt marsh.

Materials and methods

Lancieux Bay is located on the NW coast of France in the Gulf of Saint Malo ($48^{\circ}59'N$, $2^{\circ}18'W$). The region is characterised by a temperate climate submitted to oceanic influences. Mean winds in the area come from the SW in winter and from the NW in summer. The N-S oriented bay (Fig. 1A) is subject to a megatidal range of up to 13 m.

The hydrodynamic attenuation estimates of the salt marsh are derived from two wave measurement periods (February 9-17, April 26-May 2, 2017), allowing various meteorological configurations and incident wave conditions to be examined. Wave data are extracted from the water levels measured by 16 different NKE pressure gauges (Fig. 1B), deployed over four transects, throughout the salt marsh, parallel to the direction of wave propagation in the bay. The significant wave height ($H_s = H_{m0}$), used to calculate the wave attenuation, is obtained from a spectral analysis of the raw sea level data measured by the pressure gauges, after removal of tide- and atmosphere-induced water level variations (Fig. 1C). The wave attenuation is then calculated as a ratio of H_s between two consecutive gauges along a transect, and standardized to a constant distance (% of attenuation per 100 m).

The WV-3 satellite imagery consists of the state-of-the-art multispectral sensor, given its five visible (coastal, blue, green, yellow, red) and three near-infrared bands (red-edge, near-infrared1 and near-infrared2) provided with 1.24 m spatial

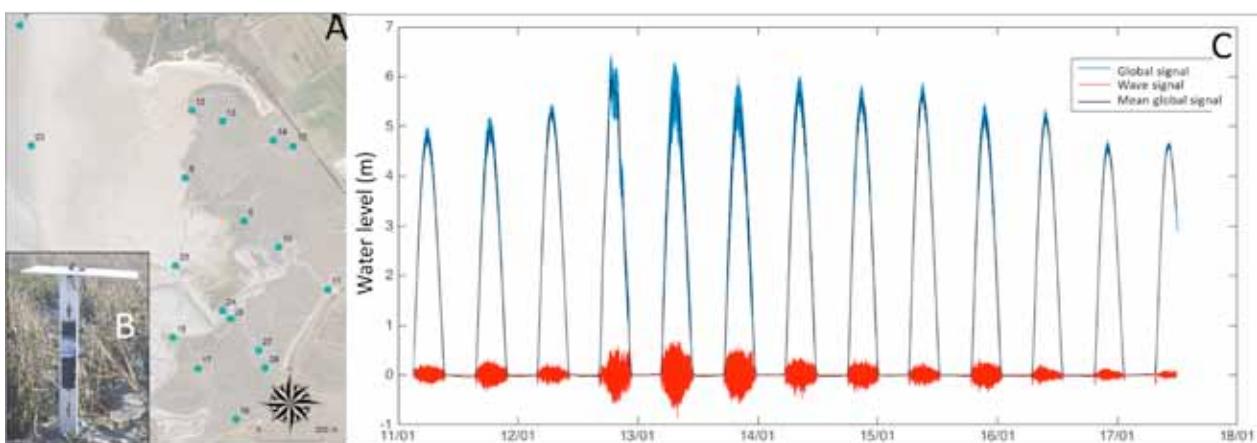


Figure 1. (A) Location map of the 18 (B) pressure gauges, enabling the computation of (C) significant wave height (red line), retrieved from the mean (black line) raw signal (blue line) corrected for tide- and atmosphere-driven water level variations.

¹ EPHE-PSL Research University, CNRS LETG 6554, 15 boulevard de la mer, 35800 Dinard, France
E-mail contact: antoine.collin@ephe.sorbonne.fr

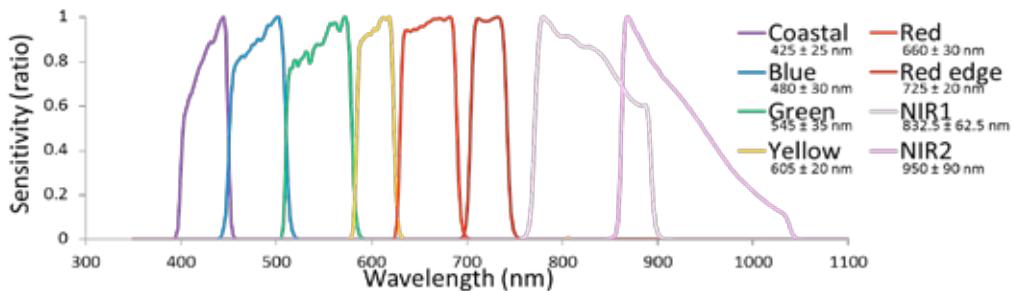


Figure 2. Spectral sensitivity of the satellite WorldView-3 sensor showing its first eight multispectral bands provided with 1.24 m spatial resolution.

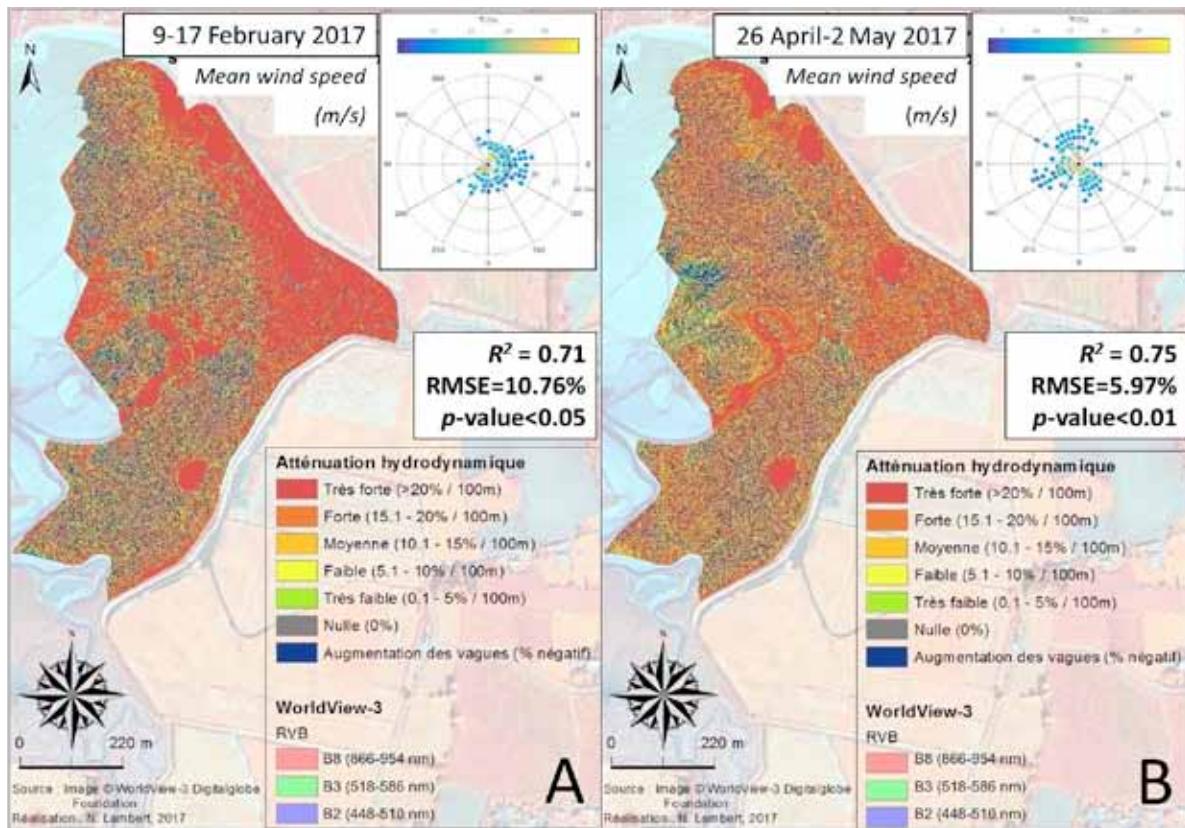


Figure 3. Spatially-explicit models of wave attenuation based on (A) February, and (B) April-May responses with WorldView-3 spectral predictors.

resolution (Fig. 2). The WV-3 panchromatic band at 0.31 m spatial resolution enables previous eight bands to be pansharpened (sensor sensitivity procedure with a cubic convolution resampling) at this latter VHR resolution.

Spatially-explicit modelling of wave attenuation by salt marsh is derived from the multiple linear regression between the attenuation response (in %/100 m) and the best fitting WV-3 spectral predictors (average pixel values among eight spectral bands). The model is defined as follows:

$$y_i = \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \alpha_3 x_{i3} + \alpha_4 x_{i4} + \dots + K$$

where y_i is the i^{th} wave attenuation value, x_{ij} the i^{th} pixel average value on the j^{th} independent spectral predictor, and K the intercept. Models accuracy are quantified by Pearson's correlation coefficient (r), coefficient of determination (R^2), root means square error (RMSE) and p -value.

Results and discussion

The 2D model derived from the first measurement period distincts two areas of wave attenuation magnitude: lower and medium where the attenuation is low to mid, upper marsh characterised by a very strong attenuation. This model uses the WV-3 spectral bands green (518-586 nm), red (632-692 nm), red-edge (706-746 nm) and near-infrared2 (866-954 nm), showing goodness-of-fit indicators of: $r = 0.84$, $R^2 = 0.71$, RMSE = 10.76% and p -value = 0.04 (Fig. 3A).

The second measurement periods's 2D model is built on WV-3 red-edge (706-746 nm), near-infrared1 (772-890 nm) and near-infrared2 (866-954 nm): $r = 0.87$, $R^2 = 0.75$, RMSE = 5.97% and p -value = 0.008 (Fig. 3B). Spatial patterns of the attenuation greatly echo those of the previous model.

The WV-3 spectral bands, selected for their explanatory power of attenuation, are green, red, red-edge, near-infrared1 and near-infrared2, what conspicuously coincide with the electromagnetic radiation associated with vegetation provided with chlorophyll. The spectral signature of such vegetation is featured with a high reflectance (low absorbance) in green, red-edge and near-infrareds, as well as a low reflectance (high absorbance) in red (Gross, 1991). Vegetation signatures, remotely-sensed by WV-3, enable a satisfactory prediction of the wave attenuation in salt marsh. Low attenuation (5 to 10%/100 m), located in the lower marsh, could be attributed to inherent vegetation communities, namely *Spartina anglica* (cordgrass) and *Salicornia europaea* (glasswort). Medium attenuation (10 to 20%/100 m), visible between medium and upper marsh, is susceptible to correlate with *Halimione portulacoides* (sea purslane) and *Triglochin maritima* (arrowgrass). High attenuation (> 20%/100m), elucidated in the upper marsh, is likely to match with a synergistic assemblage of *H. portulacoides*, *T. maritima*, *Puccinellia maritima* (saltgrass) and *Festuca rubra* (red fescue). The biophysical structure of plant communities may clearly explain their various influence on wave attenuation. *S. anglica* and *S. europaea*, as pioneer species, provide a low hydrodynamic resistance given their flexible and small-sized structure, respectively (Neumeier and Ciavola, 2004). Contrarywise, above-ground biomass associated with *H. portulacoides* and *T. maritima* is stiff and dense enough to exert a significant drag on wave. Augmented by tall-sized *P. maritima* and *F. rubra*, the previous plant binome can accentuate their damping effect on wave.

Conclusions

The attenuation of significant wave height has been modelled in a spatially-explicit way at VHR (0.3 m) across an entire salt marsh (0.64 km²). The developed methodology relies on the processed significant wave height measurement response; WV-3 green, red, red-edge, near-infrareds predictors; and a multiple linear regression. Two measurement periods have confirmed the consistency of red-edge and near-infrared2 as robust predictors, despite various wave and wind conditions. Spatial patterns of both models reveal an increasing wave attenuation with salt marsh physiography, from lower to upper marsh. Based on salt marsh plant zonation, the structural complexity of the above-ground biomass is proposed to explain the spatial trend in wave attenuation: low attenuation (5-10%/100 m) by flexible cordgrass and small-sized glasswort; medium attenuation (10-20%/100 m) by dense sea purslane and tall-sized arrowgrass; and strong attenuation (> 20%/100 m) by an assemblage of sea purslane, arrowgrass, saltgrass and red fescue.

References

- Costanza, R., Perez-Maqueo, O., Martinez, M.L., Sutton, P., Anderson, S.J. and Mulder, K. 2008. The value of coastal wetlands for hurricane protection. *Ambio* 37: 241-248.
- Das, S. and Vincent, J.R. 2009. Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 7357-7360.
- Gross, J. 1991. Pigments in vegetables: Chlorophylls and carotenoids. New York, USA, Van Nostrand Reinhold. 351 p.
- Horstman, E.M., Dohmen-Janssen, C.M., van de Berg, N.J.F., Siemerink, M. and Hulscher, S.J.M.H. 2014. Wave attenuation in mangroves: A quantitative approach to field observations. *Coastal Engineering* 94: 47-62.
- Jadhav, R.S., Chen, Q. and Smith, J.M. 2013. Spectral distribution of wave energy dissipation by salt marsh vegetation. *Coastal Engineering* 77: 99-107.
- Jeanson, M., Etienne, S. and Collin, A. 2016. Wave attenuation and Coastal Protection by Shelly Ridges: Mont-Saint-Michel Bay, France. *Journal of Coastal Research* 75(sp1): 398-402.
- Koch, E.W., Sanford, L.P., Chen, S.N., Shafer, D.J. and Smith, J.M. 2006. Waves in Seagrass Systems: Review and Technical Recommendations. ERDC TR-06-15 U.S. Army, Engineer Research and Development Center, Vicksburg MS.
- Krauss, K.W., Doyle, T.W., Doyle, T.J., Swarzenski, C.M., From, A.S., Day, R.H. and Conner, W.H. 2009. Water level observations in mangrove swamps during two hurricanes in Florida. *Wetlands* 29: 142-149.
- Möller, I. 2006. Quantifying saltmarsh vegetation and its effects on wave height dissipation: Results from a UK East coast saltmarsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63: 489-496.
- Neumeier, U. and Ciavola, P. 2004. Flow resistance and associated sedimentary processes in a *Spartina maritima* salt-marsh. *Journal of Coastal Research* 20(2): 435-447.
- Wamsley, T.V., Cialone, M.A., Smith, J.M., Atkinson, J.H. and Rosati, J.D. 2010. The potential of wetlands in reducing storm surge. *Ocean Engineering* 37: 59-68.

Acknowledgements

This work is granted by the *Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres*. All authors would like to acknowledge the support DigitalGlobe Foundation for providing the WorldView-3 imagery.

Influence of El Niño on extremes of temperature and rainfall in the Basque Country

Martija-Díez, Maialen^{1,2}, Rodríguez-Fonseca, Belén^{2,3}

Keywords: ENSO, maximum temperature, minimum temperature, precipitation, extremes, summer

Introduction

The main motivation of this work is the López-Parages and Rodríguez-Fonseca (2012) study, where the influence of El Niño over European rainfall is analysed. The authors show the leading mode of the rainfall variability in Europe presents opposite behaviour in the middle of the region and in the north of the Iberian Peninsula, and in the Mediterranean. Moreover, they show that this leading mode is connected with El Niño. In that study was found El Niño influence is not the same not only in different 3-months seasons of the year but in different year periods as well. For instance, in October-November-December (OND), for the period 1942-1969, a relationship between rainfall and El Niño was found, however, for the period 1970-2007, it does not seem to appear this relation (López-Parages and Rodríguez-Fonseca 2012). Therefore, the behaviour in the north of the Iberian Peninsula is more similar to the rest of Europe than to the Mediterranean. Because of that, the Basque Country (BC) is an important region to focus the analysis of rainfall behaviour and its relationship with El Niño phenomenon. In this study, we have thoroughly analysed the precipitation (Pcp), minimum (Tmin) and maximum temperature (Tmax), in the zone of the BC, using observational databases and extending to all possible 3-months seasons of the year. In the same way, the possible connection between the rainfall, minimum and maximum temperature and El Niño indices, in different time periods, has been analysed, not only taking into account the anomalous values of each variable, but for the extremes values as well. The extremes values have been calculated considering the percentiles 5, 25, 75 and 95 for Tmax and Tmin, and adding the percentile 99 for Pcp case. The results of this study show a non-stationary relationship between the Pcp, Tmax and Tmin in the BC and El Niño. This relation depends on the Pacific region considered and seems to be maximum in summer.

Data and methods

In this work a high resolution gridded dataset over Spain (Spain02, Herrera et al., 2012) is used for analysing Tmax, Tmin

and Pcp in the BC region with a $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ lat-lon resolution. Regarding atmospheric variables, they come from the NCEP/NCAR Reanalysis (Kalnay et al., 1996) in a grid with $2^\circ \times 2^\circ$ lat-lon resolution. In particular, the analysis is focused on sea level pressure (SLP), temperature at 850 hPa (T850) level and geopotential height at 500 hPa (Z500) and 200 hPa (Z200). Sea Surface Temperature (SST) comes from Hadley Centre Sea Ice and Sea Surface Temperature dataset (HadISST, Rayner et al., 2003) with a grid of $1^\circ \times 1^\circ$ lat-lon resolution. Also, using this data, El Niño indices are calculated. The period selected for all the datasets is 1950-2007.

This study is performed for the 12 possible 3-month seasons of the year (from JFM to DJF), for every 20-year sliding windows (starting with 1950-1969 and ending with 1988-2007) in order to analyse the evolution of the variability around all the period of time. The seasonal anomalies have been calculated by removing, for each year, the seasonal average along the whole period of study. In addition, and in order to analyse the interannual variability, a Butterworth filter has been applied with a cut off frequency associated with 7 years. Then, correlation analysis between Tmax, Tmin and Pcp in the BC and El Niño indices has been carried out using the same 20-year sliding windows, with the aim of looking for stationarities in the relation with ENSO and following the methodology of López-Parages & Rodríguez-Fonseca (2012). We selected the strongest correlations seasons and periods and we built some indices with the frequency of yearly days below percentiles 5 (P5) and 25 (P25), and above percentiles 75 (P75), 95 (P95) and 99 (P99) (the latter only for Pcp). The horizontal regression and correlation maps of those indices are computed onto anomalous fields of SST, Z200 and Z500 (for Pcp) and T850 (for Tmax and Tmin), in order to understand the dynamics underneath the teleconnections found.

Along the whole study, 95% confidence level of significance is chosen, both in the correlation test, in the tests of comparison of means (Student's t-Test) and standard deviations (Fisher's F-Test).

Results and discussion

We start by examining 20-year moving window correlations between anomalous Tmax, Tmin and Pcp in the BC and El Niño indices in 3-months seasons of the year (Figure 1). Results show a non-stationary relationship with El Niño for all the variables, a results that agrees with López-Parages & Rodríguez-Fonseca (2012) and Capa-Morocho et al. (2014). Strong correlations (less than -0.5 or greater than 0.5) appear in all the analysed variables, with all El Niño indices, and in several seasons and decades. A striking feature is how the strongest correlations are found in summer months (July-August-September, JAS) both in Tmin

¹Meteorology Area, TECNALIA Research & Innovation, Parque Tecnológico de Álava, Baque Country, Spain

²Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

³ Instituto de Geociencias UCM-CSIC, Madrid, Spain
E-mail contact: maialen.martija@tecnalia.com

and Tmax, and in Pcp case. In Tmax, correlating with El Niño 3 and El Niño 3.4, -0.8 score is reached; while in Tmin case, -0.7 correlation with El Niño 3 and, for Pcp, 0.7 score with El Niño 1.2. Other seasons and periods with strong correlations appear; although considering that most previous studies have been focused on the link between ENSO phenomenon and Europe climate variability in fall and spring, we have selected only the period with strongest correlations in summer, in JAS season, to analyse the relationship between ENSO and Tmax, Tmin and Pcp variability in the BC, as representative of the teleconnection with the western central European region. Thus, two periods are going to be analysed in relation to ENSO teleconnection in JAS: 1952 to 1987 for Tmin and Tmax and 1957-2003 for Pcp (see black boxes in Figure 1).

Once we have selected the seasons and the years for ENSO impact in the 3 analysed variables, we calculated the aforementioned percentiles for each variable. In Pcp case, before computed it, we avoid dry days, defined as days with less than 1 mm precipitation. The results of these percentiles are showed in Table 1.

Table 1. Thresholds of different percentiles in JAS for Tmax and Tmin 1952-1987, and for Pcp 1957-2003.

	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Pcp (mm)
P5	17.26	7.84	1.10
P25	20.87	10.73	1.72
P75	26.74	14.21	6.10
P95	30.72	16.29	14.39
P99	-	-	22.83

Using those thresholds, we built indices with number of yearly days below/above them and regression maps onto several global anomalous atmospheric fields are represented. In this way, a discussion can be opened about the teleconnection that takes place. ENSO signal is found for P5, P25 and P75 in Tmax case (Figure 2), for P5 and P95 in Tmin case and for P75, P95 and P99 for Pcp case (Figure 3).

Figure 1. 20-year sliding windows correlations between: Tmax (top), Tmin (middle), Pcp (bottom), and: Niño 1.2 index (left), Niño 3(middle-left), Niño 3.4 index (middle-right) and Niño 4 index (right) in the 12 possible 3-month seasons of the year. Coloured contours for 0.5 and -0.5 values.

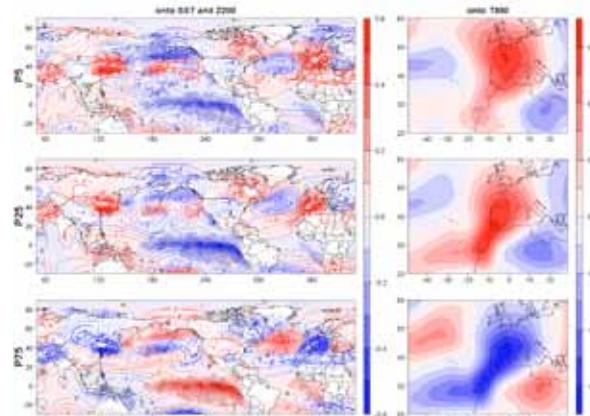
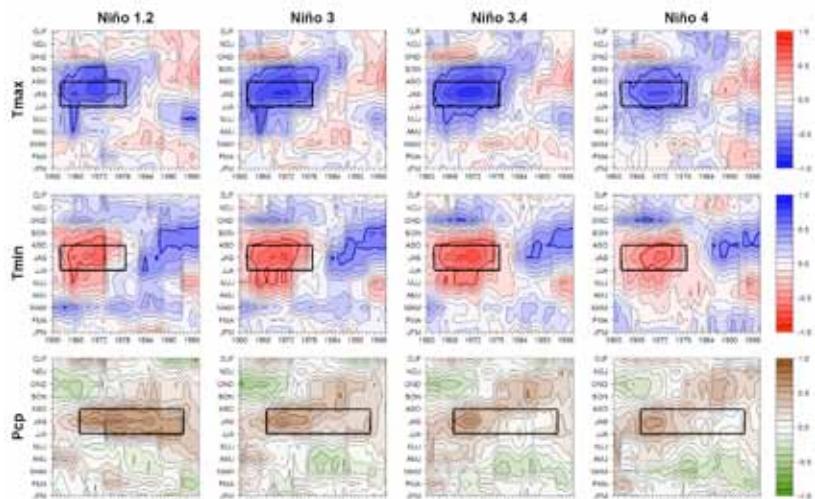


Figure 2. Regression maps of Tmax P5 (top), P25 (middle) and P75 (bottom) for JAS 1952-1987. (left) SST (°, in colour; black points in a statistical significant areas) and Z200 (m, contours; blue lines for negative values, red lines for positive ones and thicker lines for statistical significant contours. Zero in black dashed line). (right) T850 (°, in colour; with black points in a statistical significant areas).

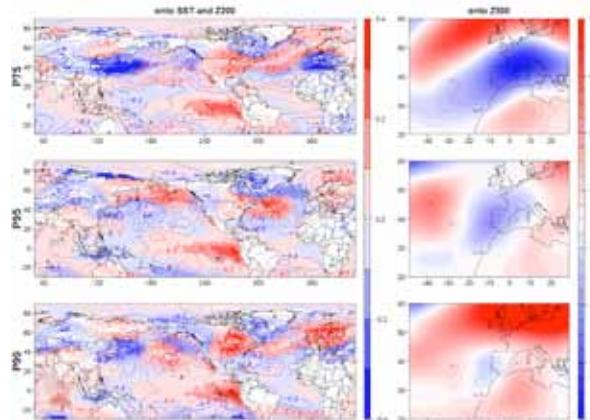


Figure 3. Regression maps of Pcp P75 (top), P95 (middle) and P99 (bottom) for JAS 1957-2003. (left) SST (°, in colour; black points in a statistical significant areas) and Z200 (m, contours; blue lines for negative values, red lines for positive ones and thicker lines for statistical significant contours. Zero in black dashed line). (right) Z500 (m, in colour; with black points in a statistical significant areas).

Analysing the regressions onto SST and Z200, we find similar behaviour for Tmax (Figure 2, left) and Tmin. For SST case, a negative (positive) pattern appears, indicating how years with higher (lower) Tmax/Tmin than the mean are associated with a La Niña (El Niño) pattern. This pattern is centred in the Equatorial Pacific, associated with El Niño 3, El Niño 3.4 and El Niño 4 indices specially, in accordance with Figure 1. The anomalous Z200 configuration shows the typical Gill response (Gill, 1980) in the Equatorial Pacific area, around the SST anomaly. Around the latitude of 40°, a clear wave is shown, caught in the northern jet stream at 200 hPa, with five centres of positive anomalies and other five of negative ones (wavenumber-5 structure). This results agree with Xoplaki et al. (2003) for a regional area around the Mediterranean sea, and with Ding & Wang (2005) for a global projection. This is the so-called circumglobal response which is characterized to be trapped in the jet stream. The anomalous Z200 pattern in Europe exhibits a teleconnection structure that, regionally, is characterized by a significant positive anomaly centred in France and including Iberian Peninsula and BC. This centre could be related with an increase of blocking events in the atmospheric west-east circulation that could, in turn, increase meteorological stability. In the T850 regression maps (Figure 2, right), positives (negative) anomalies of the temperature are showed.

In Pcp case (Figure 3, left in colours), in the regression map onto SST, an eastern El Niño (La Niña) pattern signal is showed for an increase (decrease) of rainfall. This spatial configuration confirms the association with El Niño 1.2 index found in Figure 1 (Figure 3, left in colours). The heating is not symmetric to the equator and in the Z200 regression we found a non-symmetric Gill response (Gill 1980), that is a relatively high (low) pressure area at the south of the equator and a relative low (high) one at the north. The wave that is showed in the Z200 configuration is linked with the Tropical Northern Hemisphere (TNH) teleconnection pattern describes by Mo & Livezey (1986). In this case, the teleconnection does not follow the jet stream as in the temperature pattern, but crosses it taking advantage of a weaker area of the flow. According to Barnston et al. (1991), El Niño (La Niña) phenomenon produces a negative (positive) phase of this TNH pattern, which means negative (positive) anomalies over the Gulf of Alaska and from the Gulf of Mexico north-eastward across the North Atlantic, and positive (negative) anomalies in the east of Canada, which is the same pattern we find in this study (Figure 3, left in contours). Moreover, Yu et al. (2015) analysed different teleconnections patterns linked with each type of El Niño structure, and they inferred that eastern ones tend to be associated with TNH teleconnection pattern, which is our case. Analysing the Z200 regression (Figure 3, left in contours) in Europe, centred in the north-east of the Iberian Peninsula (including BC), a significant low (high) pressure area appears; while a relative high (low) pressure is extended over the northern part of the continent. This atmospheric configuration explains an increase (decrease) of the meteorological instability in BC area, specially taking into account that we find the reflection at Z500 (Figure 3, right) of that relatively low (high) pressure at Z200. In the regression

onto Z500 (Figure 3, right), a negative (positive) anomalous centre is showed over the Iberian Peninsula for P75 and in the west part of it for P95 and P99, which produce an increase (decrease) of dynamical instability in the BC.

Conclusions

The influence over the variability in the Tmax, Tmin and Pcp in the BC is maximum in summer. El Niño (La Niña) produces an increase (decrease) of Pcp in the BC in all the studied period. Nevertheless, regarding Tmax and Tmin, the behaviour is opposite in the periods before and after the so-called *Climate Shift*, that took place in 1976 (Ebbesmeyer et al. 1991; Venrick et al. 1987).

The relation between ENSO and extreme variables appears for extremely wet days (Pcp; P75, P95 and P99), extremely cold days (Tmax; P5 and P25, Tmin; P5), and for extremely hot days (Tmax; P75, Tmin; P95). And the teleconnection which explain the relation between Equatorial Pacific SST and the BC climate variability is different in Tmax/Tmin cases and in the one of Pcp. For temperatures, a circumglobal wave trapped in the jet stream is found, while in the Pcp case, the TNH pattern seems to explain the relationship.

References

- Barnston, Anthony G., Robert E. Livezey, and Michael S. Halpert. 1991. "Modulation of Southern Oscillation-Northern Hemisphere Mid-Winter Climate Relationships by the QBO." *Journal of Climate* 4(2):203–17.
- Capa-Morocho, Mirian, Belén Rodríguez-Fonseca, and Margarita Ruiz-Ramos. 2014. "Crop Yield as a Bioclimatic Index of El Niño Impact in Europe: Crop Forecast Implications." *Agricultural and Forest Meteorology* 198-199:42–52. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.07.012>).
- Ding, Qinghua and Bin Wang. 2005. "Circumglobal Teleconnection in the Northern Hemisphere Summer." *Journal of Climate* 18(17):3483–3505.
- Ebbesmeyer, Curtis C. et al. 1991. "1976 Step in the Pacific Climate: Forty Environmental Changes between 1968-1975 and 1977-1984." *Proceedings of the Seventh Annual Pacific Climate (PACLIM) Workshop, April 1990. California Department of Water Resources. Interagency Ecological Studies Program Technical Report 26.*
- Gill, A. E. 1980. "Some Simple Solutions for Heat Induced Tropical Circulation." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 106(449):447–62.
- Herrera, S. et al. 2012. "Development and Analysis of a 50-Year High-Resolution Daily Gridded Precipitation Dataset over Spain (Spain02)." *International Journal of Climatology* 32(1):74–85.
- Kalnay, E. et al. 1996. "The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project." *Bulletin of the American Meteorological Society*.
- López-Parages, Jorge and Belén Rodríguez-Fonseca. 2012. "Multidecadal Modulation of El Niño Influence on the Euro-Mediterranean Rainfall." *Geophysical Research Letters* 39(2):1–7.
- Mo, Kingtse C. and Robert E. Livezey. 1986. "Tropical-Extratropical Geopotential Height Teleconnections during the Northern Hemisphere Winter." *Monthly Weather Review* 114(12):2488–2515.
- Rayner, N. A. et al. 2003. "Global Analyses of Sea Surface Temperature, Sea Ice, and Night Marine Air Temperature since the Late Nineteenth Century." *Journal of Geophysical Research*.
- Venrick, E. L., J. a McGowan, D. R. Cayan, and T. L. Hayward. 1987.

- “Climate and Chlorophyll a: Long-Term Trends in the Central North Pacific Ocean.” *Science (New York, N.Y.)*.
- Xoplaki, E. et al. 2003. “Interannual Summer Air Temperature Variability over Greece and Its Connection to the Large-Scale Atmospheric Circulation and Mediterranean SSTs 1950–1999.” *Climate Dynamics* 20(5):537–54.
- Yu, Bin, Xuebin Zhang, Hai Lin, and Jin Yi Yu. 2015. “Comparison of Wintertime North American Climate Impacts Associated with Multiple ENSO Indices.” *Atmosphere - Ocean* 53(4):426–45.

Acknowledgements

The authors thank AEMET and UC for the data provided for this work (Spain02 gridded precipitation dataset).

Análisis del rebase sobre diques de abrigo

**Moragues, M^a Victoria¹, Diaz-Carrasco, Pilar¹, Clavero, María¹, Ortega-Sánchez,
Miguel¹ y Losada, Miguel Á.¹**

Palabras clave: Puertos, costa, diques, rebase, oleaje, cambio climático

Introducción

En la actualidad existe un consenso científico alrededor del calentamiento global, una de cuyas principales consecuencias está siendo un progresivo incremento del nivel del mar; por ello, la gestión de entornos costeros será uno de los mayores retos a los que se va a enfrentar la sociedad a nivel mundial (IPCC, 2014). Este ascenso implicará un mayor riesgo de inundaciones y afecciones a las zonas costeras con especial importancia en las zonas urbanas debido a la alta concentración de actividades, servicios y población. Esta situación evidencia la necesidad de promover medidas de protección que no impidan la conexión entre las zonas urbanas y el medio marino, y que minimicen las consecuencias del cambio climático. Entre estas medidas se incluyen el estudio de los posibles escenarios de subida del nivel del mar, sus posibles impactos (rebase) y medidas de adaptación (optimización de la cota de coronación).

La principal infraestructura de protección portuaria son los diques de abrigo. Por tanto, su estudio debe analizar las consecuencias en la operatividad, funcionalidad y fiabilidad del área portuaria, ocasionadas por la pérdida temporal o definitiva de los atributos estructurales del dique, para poder proponer metodologías de cálculo que puedan garantizarlas a lo largo de su vida útil. Actualmente, el diseño y construcción de las obras marítimas siguen normativas o recomendaciones entre las que destacan PIANC (2013) y las Recomendaciones de Obras Marítimas (Serie ROM).

Uno de los principales modos de fallo de un dique de abrigo, que afecta sobre todo a su operatividad, es el rebase. Aun así, es un modo de fallo del que, a pesar de la extensa literatura (EurOtop, 2016), continua existiendo mucha incertidumbre sobre los parámetros que le afectan directamente por lo que las fórmulas de cálculo actuales poseen rangos de aplicación limitados. Además, se tiene poca información sobre como le afecta la transformación de la energía durante la interacción oleaje-estructura, sobre el efecto que el viento tiene sobre él y sobre su evolución en el tiempo y en el espacio.

Es por todo ello que, continuando con su trayectoria (Clavero, 2007; Vilchez, 2016), el Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales de la Universidad de Granada, en el marco de los

proyectos VIVALDI y PROTOCOL, se ha planteado el objetivo de desarrollar una metodología de cálculo para la caracterización y descripción de este fenómeno, para así proponer una serie de recomendaciones para el diseño de diques de abrigo garantizando una relación óptima entre su francobordo y las descargas de rebase tolerables. Para ello se están realizando y planeando nuevas series de ensayos experimentales en el canal de ola-corriente y en el Canal de Interacción Atmósfera-Océano (CIAO) del Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra de Andalucía (IISTA).

Materiales y métodos

Para la cosecución de los objetivos, la metodología se basa en el desarrollo y aplicación de técnicas experimentales para la observación, validación y cuantificación del modo de fallo de rebase sobre la sección tipo de un dique de abrigo sometido a ciclos de solicitud. Para ello se están realizando ensayos en el canal de ola-corriente y se están planificando nuevos ensayos en el canal de interacción atmósfera-oceano (CIAO) del Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra de Andalucía (IISTA) de la Universidad de Granada.

Los ensayos realizados hasta ahora se han llevado a cabo en el canal de ola-corriente, el cual cuenta con unas dimensiones de 23m de largo, 0.65m de ancho y 1m de alto. El canal cuenta con un sistema de generación de oleaje mediante una pala tipo pistón y con una rampa de disipación al final del mismo. La pala incorpora un sistema activo de absorción de la reflexión (AWASYS7). Como se quiere identificar una metodología de cálculo para todos los modos de fallo de forma conjunta, durante la realización de ensayos se esta permitiendo la deformación de la berma para analizar el modo de fallo de caída de piezas.

Se han colocado 9 sensores de nivel a lo largo del canal (S1-S9) para medir las elevaciones de la superficie libre, con una frecuencia de muestreo de 20Hz. En la Figura 1 se puede ver la distribución de los sensores a lo largo del canal. Todos ellos se han mantenido en posición fija excepto el S4, cuya posición se ha variado en función de la longitud de la berma de protección.

Se han ensayado 3 tipologías de dique: 1) dique mixto con berma de protección por debajo del nivel del mar (tipo LMB), 2) dique mixto con berma de protección al nivel del mar (tipo HMBC) y 3) un dique mixto con berma de protección por encima del nivel del mar (tipo RMB-CW). El modelo consiste en un dique mixto con una cimentación porosa, una berma de protección porosa y un cajón vertical impermeable. Las tres tipologías se han ensayado para un diámetro de material constante y una pendiente de talud constante.

En la Figura 2 se muestran las secciones de las tipologías empleadas, a partir de las cuales se han definido las siguientes variables adimensionales: altura de agua relativa , peralte del

¹ Instituto Interuniversitario del Sistema Tierra de Andalucía (IISTA). Universidad de Granada. Avda. del Mediterraneo s/n, 18006, Granada. E-mail: mymoragues@correo.ugr.es

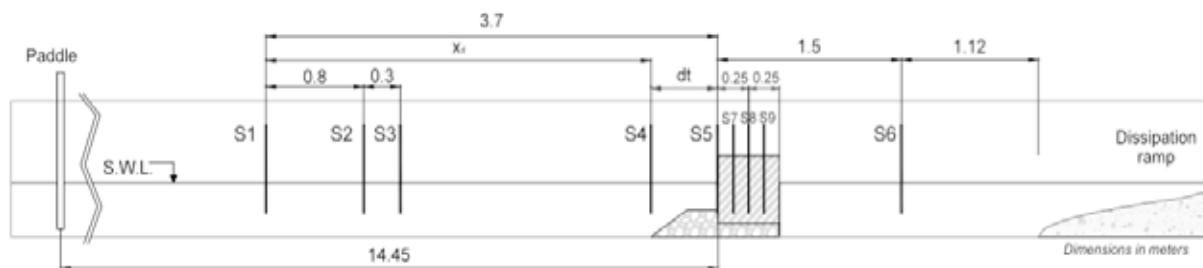


Figura 1. Distribución de los sensores a lo largo del canal.

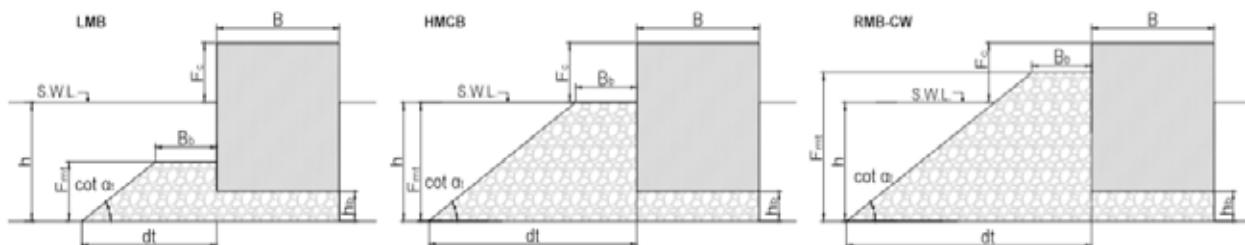


Figura 2. Secciones tipo ensayadas y sus parámetros geométricos.

oleaje incidente , anchura relativa del cajón , área relativa del medio poroso por debajo del nivel del agua donde es el área porosa por debajo del nivel del agua, la altura de berma relativa y el diámetro relativo del material .

El oleaje se ha generado para períodos de y para cada uno de ellos la altura de ola ha variado desde con incrementos de . La altura de la lámina de agua se ha mantenido constante e igual a . Todos los ensayos se han realizado con oleaje irregular siguiendo un espectro de tipo Jonswap con un factor de intensificación del pico de

La duración de los ensayos se ha seleccionado para que sea representativa de un estado de mar, en este caso 500 olas. El análisis estadístico del oleaje se ha realizado a partir del método de Baquerizo (1995), obteniendo el tren de olas incidente y reflejado, así como el coeficiente de reflexión y su fase a partir de los sensores S1, S2 y S3. La transmisión se ha calculado a partir del sensor S6 y la disipación mediante la ecuación .

Los datos de rebase se obtienen a partir de los 3 sensores que se colocan dentro del cajón impermeable (S7-S9). A partir de ellos se calcula la altura de la lámina rebasada, permitiendo el cálculo del volumen como: , donde y son el ancho y largo del cajón. Para la representación y análisis de los datos obtenidos se ha decidido trabajar con el volumen en y adimensionalizarlo mediante la altura de ola en la pared del dique calculada a partir de S5: .

Resultados y discusión

En las figuras presentadas se muestran los datos obtenidos de todos los ensayos. Los datos se han representado en función de la altura de berma relativa () para apreciar la influencia de la berma sobre la transformación del oleaje y el fenómeno del rebase.

Como se puede ver en la Figura 3(a), los resultados obtenidos hasta el momento muestran, como era de esperar, que el volumen

de la descarga de rebase en un estado de mar se reduce según el francobordo relativo () es menor. En la Figura 3(b) se puede ver como también el número de olas que rebasan a lo largo del ensayo se reduce cuanto mayor es el francobordo relativo. Adimensionalizando el francobordo con la altura de ola a pie de berma () se obtienen gráficas con la misma tendencia, pero debido a la relación física directa entre el francobordo y la altura de ola en la pared (), se ha decidido mantener esta para la representación de los resultados.

En la Figura 4 se ha representado el volumen adimensional frente a la reflexión calculada. En la Figura 4(a) se puede ver el V^* frente al K_R y se puede apreciar como el coeficiente de reflexión es mayor cuanto menor es la altura de berma y que, según este aumenta, el volumen adimensional de rebase aumenta hasta un aproximado de donde tiene a reducir otra vez. Por otra parte en la Figura 4(b) se ha representado el volumen frente a la fase de reflexión. En esta figura se puede ver como el volumen rebasado presenta un máximo cuando la fase está próxima a y otros dos máximos relativos cuando la fase es cercana a . A su vez, el rebase presenta mínimos cuando la fase de reflexión se aproxima a . Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de realizar un análisis conjunto de la descarga de rebase y la transformación de energía debida a la presencia de la estructura.

Conclusiones

A partir de los resultados se pretende conseguir un método para poder calcular la descarga de rebase sobre el dique a partir de la energía del oleaje para poder diseñar correctamente el francobordo de la estructura. Este enfoque proporcionará un diseño de diques más seguro y además, relacionar este modo de fallo con otros, como la deformación de la berma, para incluirlos en la misma ecuación de verificación.

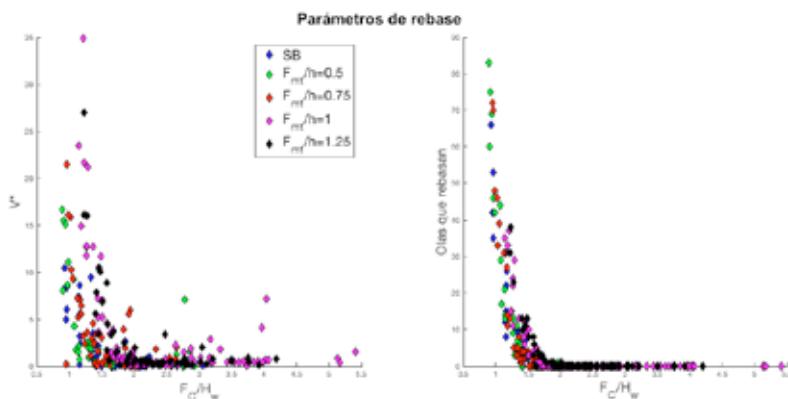


Figura 3. Resultados obtenidos a partir de los ensayos experimentales: (a) Volumen adimensional frente al francobordo relativo (F_c/H_w). (b) Número de olas que rebasan frente a la altura en la pared del dique.

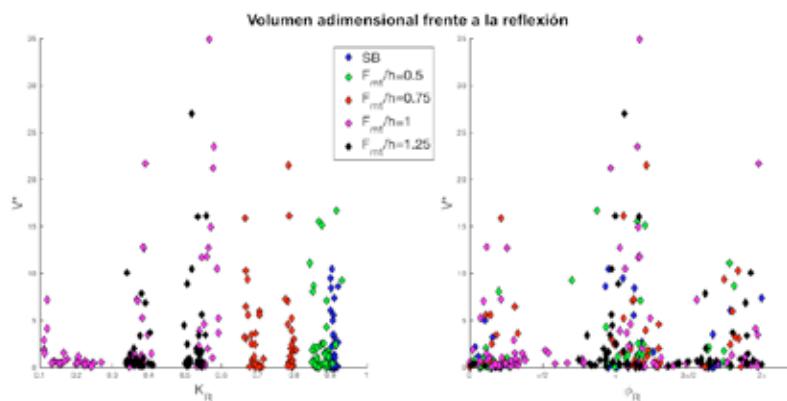


Figura 4. Resultados obtenidos a partir de los ensayos experimentales: (a) Volumen adimensional frente al coeficiente de reflexión. (b) Volumen adimensional frente a la fase de reflexión.

El análisis del rebase se está realizando dentro del proyecto PROTOCOL para además de analizar como ocurre este proceso, ver que influencia tendrá sobre él la subida del nivel del mar por lo que está prevista la realización de más ensayos en el canal de ola-corriente así como en el canal de interacción de atmósfera-océano para ver como afecta la existencia de viento a la descarga de rebase.

Referencias

- Baquerizo, A. 1995. "Reflexión del oleaje en playas. Métodos de evaluación y de predicción". Tesis Doctoral. Santander. Universidad de Cantabria.
- Clavero, M. 2007. Comportamiento de los diques en talud frente a la acción del oleaje y criterios para el reparto de la probabilidad conjunta de fallo en la vida útil. Tesis Doctoral. Granada. Universidad de Granada.
- EurOtop. 2016. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 151 p.
- Vilchez, M. 2015. Diseño unificado de diques de abrigo. Tesis doctoral. Granada. Universidad de Granada.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y la Unión Europea a través del proyecto VIVALDI (BIA2015-65598-P) y por el CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo a través del proyecto PROTOCOL (917PT0538).

3. MULTZOA - Ekonomia urdina eta klima-aldaketa arintzea
BLOQUE III - Economía azul y mitigación del cambio climático
BLOC III - Économie bleue et attenuation du changement climatique
TRACK III - Blue economy and climate change mitigation

La flota pesquera vasca: estrategias para la mitigación del cambio climático

Gabiña, Gorka¹, Basurko, Oihane C.²

Palabras clave: flota pesquera, consumo de combustible, eficiencia energética, emisiones, ahorro energético, cambio climático

Introducción

La gran mayoría de los sistemas de propulsión marina y generación de energía a bordo de los buques están compuestos por motores diésel; se estima que llegan a consumir 60 millones de barriles de crudo al año (Reitz 2013); esto supone 961 millones de toneladas anuales de CO_{2eq}, 2,9 millones de toneladas anuales de NO_x, 11,3 millones de toneladas anuales de SO_x y 1,4 millones de toneladas anuales de partículas emitidas a la atmósfera (IMO 2014). Desde el año 2015, la Organización Marítima International (OMI) ha intensificado sus regulaciones para el sector naviero; se restringe el uso de combustibles con un promedio de azufre superior al 0,1% a partir de 2015 en las áreas ECA (Áreas de Control de Emisiones) y tan solo un 0,5% a partir de 2020 para el resto del planeta. El control de emisiones de efecto invernadero se realiza por medio del desarrollo de indicadores e índices de eficiencia energética como EEOI (operacional) y EEDI (diseño) así como el cumplimiento de un plan de gestión de eficiencia energética (SEEMP) para buques con arqueos superiores a 400 GT-s (en este caso, los buques pesqueros, al considerarse buques especiales, aún no están incluidos bajo estos requerimientos). El control de las emisiones de NO_x se regula por medio de la nueva regulación Tier III que implica una reducción de emisiones del orden del 75% respecto de la anterior regulación Tier II, para los nuevos buques motorizados a partir de 2016 en zonas ECA-s libres de NO_x.

La flota pesquera es altamente dependiente de los combustibles fósiles. Esta flota está representada por buques motorizados, principalmente con motores diésel de baja (100 – 500 kW) y media potencia (500 – 5.000 kW). Los consumos anuales difieren considerablemente entre el tamaño y tipo de buque y motorización y, sobre todo, debido a su operativa pesquera. La actividad pesquera impacta de manera diferente en el medio ambiente. Además de los impactos ecológicos que afectan a la biodiversidad, los stocks, etc., la actividad pesquera también genera emisiones atmosféricas y marinas que se deben tener en cuenta en una gestión integral. La mayor contribución al impacto medioambiental de un buque pesquero proviene de la quema de combustible que se realiza durante la actividad pesquera. Puede variar entre las 35 t anuales en el caso de buques de bajura artesanal a los más de 5.000 t anuales para el caso de los grandes buques de altura. Hasta ahora,

el único dato registrado de consumo correspondía a la recarga de combustible; hay autores que ya han estimado un consumo anual de la flota mundial atunera congeladora (gran altura) en 3 millones de toneladas anuales, que representan 9 millones de toneladas de CO_{2eq} anuales (Tyedmers and Parker 2012). Además, el gasto anual producido por el combustible para llevar a cabo su actividad puede llegar a representar el 50% de sus gastos anuales de operación (Basurko et al. 2013). Resulta imprescindible conocer la magnitud de dependencia del combustible; para ello, se llevan a cabo auditorías energéticas; proporcionan un estudio detallado de los flujos de energía de una actividad y proponen alternativas de mejoras para reducir la demanda energética y sus emisiones asociadas, para obtener así importantes ahorros económicos y beneficios medioambientales (UNE 2012). El presente trabajo expone la evolución de las estrategias llevadas a cabo por AZTI en materia de reducción de consumo y emisiones de la flota pesquera vasca.

Materiales y métodos

El presente estudio ha desarrollado auditorías energéticas en tres segmentos de flota pesquera asignada a puertos del País Vasco y además de ello se ha llevado a cabo la monitorización del consumo principal de combustible en 15 buques. La metodología empleada para la materialización de las auditorías energéticas a bordo (Basurko et al. 2013) se representa en la Figura 1.

Las auditorías energéticas facilitan la obtención del patrón energético (tiempo dedicado a cada actividad realizada en una marea como la ruta a caladeros o la pesca) del buque pesquero en función de su operativa, y se desarrollan índices de consumo [L combustible/t combustible], útiles para comparar flotas de otros orígenes del planeta. Con ello se diseñan estrategias y acciones (Figura 2) con el fin de mejorar la eficiencia energética de las unidades pesqueras, reduciendo el consumo de combustible y sus correspondientes emisiones, asociadas principalmente al cambio climático. Para la estimación de la huella de carbono de la actividad pesquera únicamente se han tenido en cuenta las emisiones derivadas de la quema de combustible. Para ello, los consumos de combustible han sido convertidos a emisiones de gases de efecto invernadero basándose en los factores de emisión propuestos por la OMI, de 3,206 t CO₂ eq./ t diésel (IMO 2009). Las estrategias consideradas para la reducción de la dependencia del consumo de combustible y consecuentemente para la mitigación del cambio climático se detallan en la Tabla 1.

¹AZTI, Txatxarramendi ugartea z/g, 48395, Sukarrieta (Spain)

²AZTI, Herrera kaia, Portugaldeia z/g, 20110, Pasaia (Spain)

E-mail: ggabina@azti.es

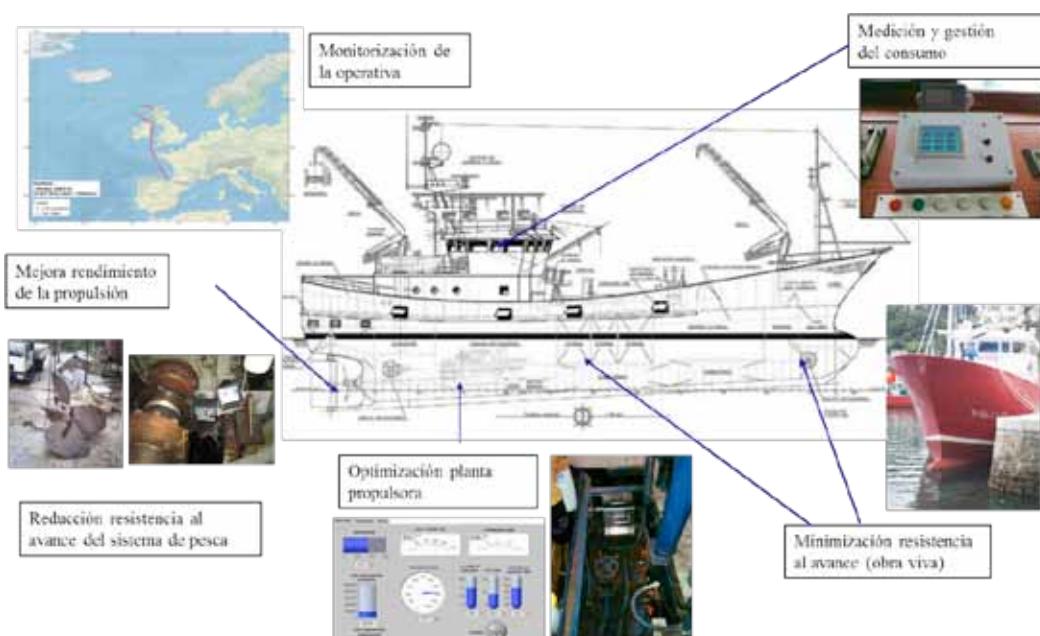


Figura 2. Ilustración de diversas acciones realizadas en buques pesqueros.

Tabla 1. Estrategias y acciones de mejora de la eficiencia energética en la flota pesquera llevadas a cabo por AZTI.

Misión	Estrategia	Acciones
Optimización del patrón operativo del buque pesquero	Gestión del consumo de combustible	Desarrollo de sistema GESTOIL (medición de consumo) Desarrollo de sistema SIMUL (simulación de consumo) Monitorización de la operativa pesquera Optimización de rutas
Optimización energética mediante modificaciones de índole estructural	Cambios estructurales en obra viva y propulsión	Estudio de apéndices: bulbos de proa Cambio de hélices más eficientes Reducción resistencia al avance del sistema de pesca de arrastre (puertas)
	Optimización de la planta propulsora	Monitorización de la planta (mantenimiento basado en condición) Estudio de aditivos y equipos de tratamiento de combustible Combustibles alternativos Mejora de la eficiencia de motores diesel Aprovechamiento de calores residuales del motor principal Propulsión híbrida: eléctrica/diesel-eléctrica

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos tras la realización de las auditorías energéticas se presentan en la Tabla 2. Con dichos datos se obtienen los índices de consumo (FUI-fuel use intensity), expuestos en la Tabla 3. Por el momento son cifras estimativas debido a un volumen limitado de datos como para considerarlos como concluyentes, pero sí son resultados útiles como referencia en órdenes de magnitud.

En los últimos años el sector marítimo y pesquero promueven estrategias para la mitigación del cambio climático; estas estrategias están basadas en acciones concretas dentro de la operativa del buque, tales como la reducción y optimización de la velocidad de navegación (Lu et al. 2015), desarrollo sistemas para la gestión energética a bordo, propulsión híbrida (Whitelegg and Bucknalla 2013) o incluso la recuperación de los calores residuales y generación de energía (Suárez de la Fuente et al. 2016). Otras acciones tratan de mejorar las propiedades de combustión de los motores diésel mediante aditivos de aceite y combustible, así como dispositivos de tratamiento de combustible, o el empleo de combustibles alternativos (Uriondo et al. 2018). Pero el retorno de estas acciones será impredecible sin un estudio energético de base que lo avale, que permitan predecir, en órdenes de magnitud (Tabla 4), los ahorros equivalentes a las mismas.

Tabla 2. Indicadores que definen el patrón operativo de diferentes artes de la flota pesquera vasca

Indicadores		Arte de pesca					
		Arrastre de fondo	Cerco	Cebó vivo	Cacea	Rasco	Líneas verticales
Nº mareas/año		40±2	30±5	10±1	5±0	10±4	14,0±4
H/marea (total)		134,0±10,5	17±5	335,3±97,0	435±201	87,3±12,2	7,6±2,9
Motor [L/h]	Ruta	178,4±3,5	91,0±8,9	88,8±7,9	38,2±2,1	41,0±1,9	35,2±11,9
	Pesca	162,2±5,5	9,8±0,5	11,4±1,2	20,8±1,1	7,3±0,6	4,2±0,2
Motor [kg CO _{2eq} /h]	Ruta	486,1±3,5	248,0±8,9	242,0±7,9	104,1±2,1	111,7±1,9	96±11,9
	Pesca	442,0±5,5	26,7±0,5	31,1±1,2	56,7±1,1	20,0±0,6	11,4±0,2
Motor [h/marea]	Ruta	26,1±3,9	8,5±2,6	152,0±72,1	113,4±94,1	23,4±3,3	2,9±2,0
	Pesca	93,3 ±8,7	5,0±1,0	30,7±15,3	217,2±76	39,1±0,3	4,0±0,8
Velocidad [kn]	Ruta	10,4±0,3	7,9±0,9	8,1±1,2	7,9±0,4	8,5±0,4	8,1±0,9
	Pesca	4,0±0,1	1,5±0,2	1,9±0,5	6,9±0,2	1,1±0,3	0,6±0,2

Nota: Valores expresados en promedios ± desviación estándar.

Tabla 3. Rango estimado de intensidad de consumo de combustible

Arte de pesca	Arrastre de fondo	Cerco y cebó vivo	Cacea	Enmalle	Atunero congelador (cerco)
FUI [L/t]	1500-2000	500-700	1000-1200	500-800	300-500

Nota: Rango de valores, obtenidos por (Basurko and Gabiña 2015) y (Tyedmers and Parker 2012)

Tabla 4. Estrategias y ahorro energético

Estrategia	Ahorro energético
Gestión del consumo de combustible	5 - 20%
Cambios estructurales en obra viva y propulsión	5 - 10%
Optimización de la planta propulsora	5 - 15%

Nota: Rango de ahorro en función de flota y acción estratégica

Conclusiones

El desarrollo sostenible de la flota pesquera implica considerar su impacto atmosférico en su gestión integral, ante un marco estratégico como es el crecimiento azul. La huella de carbono de su actividad es susceptible a ser reducida por medio de estrategias operativas y tecnológicas que ayudan a disminuir su contribución con el cambio climático.

La flota pesquera es muy diversa en dimensiones y operaciones; con lo cual, resulta imprescindible monitorizar dicha actividad para poder obtener el patrón operativo de pesca y poder así planificar estrategias; un estudio exhaustivo permite plantear acciones concretas y efectivas de ahorro y reducción de emisiones.

La ruta a caladeros suele representar el mayor gasto en combustible de los buques pesqueros, llegando incluso al 80% del total. Para ello, los sistemas de gestión y control del consumo de combustible demuestran ser una herramienta válida que implica importantes ahorros y reducción de las emisiones de efecto invernadero, y más aún cuando la especie objetivo es migratoria.

Referencias

- Basurko, O. C. and G. Gabiña (2015). Herramienta para la gestión del consumo de energía a bordo mediante auditorías energéticas. Elaborado por AZTI-Tecnalia para El Gobierno Vasco. Sukarrieta: 47.
- Basurko, O. C., et al. (2013). "Energy performance of fishing vessels and potential savings." *Journal of Cleaner Production* 54: 30-40.
- IMO (2009). Report of the Marine Environment Protection Committee on its 59th Session.
- IMO (2014). Third IMO Greenhouse Gas Study, International Maritime Organization.
- Lu, R., et al. (2015). "Speed management for energy efficient shipping." Shipping in Changing Climates Conference.
- Reitz, R. D. (2013). "Directions in internal combustion engine research." *Combustion and Flame* 160(1): 1-8.
- Suárez de la Fuente, S., et al. (2016). "Safety and CO₂ emissions: Implications of using organic fluids in a ship's waste heat recovery system." *Marine Policy*.
- Tyedmers, P. and R. Parker (2012). Fuel consumption and greenhouse gas emissions from global tuna fisheries: a preliminary assessment. I. S. S. Foundation. McLean, Virginia, USA..
- UNE (2012). "UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías Energéticas, Parte 1: Requisitos generales. AENOR. ."
- Uriondo, Z., et al. (2018). "Waste lube-oil based fuel characterization in real conditions. Case study: Bottom-trawl fishing vessel powered with medium speed diesel engine." *Fuel* 215: 744-755.
- Whitelegg, I. and R. Bucknalla (2013). "Electrical Propulsion in the Low Carbon Economy." Low Carbon Shipping Conference.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la flota pesquera vasca, tanto a los sectores de bajura como de altura; de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco; así como de numerosas empresas y entidades del sector naval, sin los que no hubiera sido posible el desarrollo de estos trabajos.

Evolución y evaluación de la franja costera asociada al Cambio Climático

Diez, Galo F.², Prendes, Nicanor¹,

Palabras clave: Adaptación, mitigación, cambio climático, cartografía, franja costera

Introducción

El establecimiento, como objetivo prioritario a causa del significativo incremento de la exposición y vulnerabilidad de las zonas costeras frente a la amenaza del Cambio Climático, asociado con la subida del nivel del mar, la variación de temperatura, la acidificación o la modificación de la dirección del oleaje, etc., entre otros muchos factores, ha llevado -en el 2004- al desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que regula, jurídicamente, los Planes Directores de los Puertos, proporcionando un marco de gestión, incluyendo las aguas costeras, para las actividades industriales, y en equilibrio con los recursos marinos garantizando, además, la transición a una economía baja en carbono con programas de Compensación de Huella de Carbono.

La aplicación de este tipo de estudios ratifica la preponderancia fundamental de la adaptación frente a la mitigación, si bien la primera adolece de incertidumbres asociadas a procesos heurísticos en los modelos matemáticos y series estadísticas(Gomís, D. y Álvarez, E., 2016), y están condicionados (MAPAMA, 2014) por las transformaciones de la mitigación, obligando a concebir marcos estratégicos flexibles capaces de reorientar objetivos y propuestas de ejecución en los planes estratégicos ambientales (VVAA, 2010).

Materiales y métodos

La franja litoral, como interfase entre hidrosfera (nivel del mar, oleaje, corrientes, mareas, etc.,); litósfera (sedimentos, configuración del sustrato rocoso) y atmósfera (intensidad, frecuencia, dirección dominante de vientos, precipitaciones y temperaturas) conforma un área especialmente dinámica (García, E. y et al. 2016), sensible a los cambios, incluidos los de tipo climático (Cendrero et al., 2012).

Por otra parte, su diversidad y recursos naturales la convierten en una zona enormemente atractiva para el desarrollo de actividades industriales y urbanas (MAPAMA, 2017), constatándose un significativo incremento demográfico en esta franja (por encima del 1.9% anual del ritmo de crecimiento y asentamiento) además de una modificación de los usos del suelo (rigidificación del litoral).

¹Oficina Española de Cambio Climático. MAPAMA, c/Alcalá 92. 28009 Madrid

²Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar. MAPAMA. Plaza San Juan de la Cruz, 280071 Madrid
E-mail: nprendes@mapama.es

Esta casuística, lógicamente, condiciona las áreas de vulnerabilidad y exposición costera frente a potenciales nuevos riesgos generados, directa o indirectamente, y cuyos factores conforman los elementos sobre los que se debe actuar para paliar el impacto climático (VVAA, 2005), independientemente de la incertidumbre asociada a su magnitud y afección a las unidades ambientales de dicha franja que, lógicamente, se vinculan con los parámetros base de los tres sistemas interactivos (Llorente, M., 2015).

Partiendo de una cartografía o cobertura de usos del territorio (catastral, topográfica, de unidades ambientales, etc.,) por una parte, y de la aplicación de una serie de conjuntos de modelos (simulaciones numéricas) y forzamientos diferentes (Medina, R., 2004.b) que no sólo permitan obtener el valor más probable, sino –también– su dispersión para un escenario de impactos proyectado (Wade, S., 2007), se establecen mapas temáticos sobre los que es posible inventariar unidades y elementos afectables que se incluirían, por modificación de las condiciones climáticas y físicas (ascenso del nivel del mar, oleaje, marea, etc.,), dentro de las áreas de riesgo y vulnerabilidad, obligando a la ejecución de nuevas estrategias de adaptación o mitigación costera más efectivas (Losada, I., 2016).

Un factor añadido a considerar -en esta casuística- es la actividad y desarrollo industrial, principalmente en este ámbito costero y portuario, con la implantación de agentes (fuentes) generadores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI's) y su consecuente reducción (Doc. UE, 2012) apostando por energías renovables y de mejora de eficiencia en los sistemas de transporte (buques) cuyo fomento reduce, frente a los sistemas de desplazamientos terrestre, las emisiones por tonelada-kilogramo (Tn/kg).

Metodológicamente el procedimiento se basaría en integrar toda la información en mapas temáticos (Medina, R., 2004a), de tendencias, para diferentes horizontes espacio-temporales, definidos por el IPCC como proyecciones de escenarios de emisión o Sendas Representativas de Concentración (RCP's), asociadas a un Forzamiento Radiactivo Directo (FR) donde la temperatura y precipitación –calculadas a partir de los umbrales de concentración esperados de GEI's– siguen una correlación con los flujos energéticos provocados por procesos y agentes naturales, y en los que el factor antropogénico es una de las causas determinantes por su clara incidencia en la concentración atmosférica del CO₂ y demás gases de efecto invernadero (CH₄, N₂O, halocarbonados, etc.,).

El resultado son cartografías de ordenación y distribución territorial, de soporte topográfico (basados en MDT's), en los que la línea de costa, según la cota de inundación, en cada caso (lógicamente) estimada para cada escenario, define un área de afección, acotada por los polígonos de usos de suelo, que ven modificado su nivel de riesgo, exposición y vulnerabilidad (Medina, R., 2004c).

Este tipo de representación, como ilustra la Figura 1. Infraestructuras y ordenación territorial en la franja costera de Hondarribia, obtenida a partir de la cartografía base. Derecha. Generación del MDT y representación de la cota de inundación obtenida para ese tramo, de acuerdo con los datos asociados a la zona por los visores climáticos., asocia a polígonos de propiedades estimaciones económicas, y plantea actuaciones adaptadas (Doc. UE 2012), como medidas de protección del litoral, entre otras, tal y como figuran en los planes directores de puertos que evidencian que son este tipo de infraestructura el principal activo expuesto al riesgo (Losada et al. 2014).

Estos análisis definen las estrategias de reducción de impactos (MAPAMA, 2014), bien a partir de medidas de adaptación (incremento de la resiliencia de la costa, caracterización de las unidades de gestión litoral, etc.) o de ejecución de planes de mitigación (reducción de emisiones, estrategias de crecimiento azul, etc.), de acuerdo con las peculiaridades costeras (Losada, I. 2010).

Resultados y discusión

Decidido el tramo de la franja costera a estudiar se obtiene la información topográfica base (Figura 1. Infraestructuras y ordenación territorial en la franja costera de Hondarribia, obtenida a partir de la cartografía base. Derecha. Generación del MDT y representación de la cota de inundación obtenida para ese tramo, de acuerdo con los datos asociados a la zona por los visores climáticos.,



izquierda) que conforma la capa de información sobre la que se soporta todo nuestro análisis de ordenación territorial (Brönnimann, S. et al., 2006), y de la que se deriva el correspondiente MDT (Figura 1. Infraestructuras y ordenación territorial en la franja costera de Hondarribia, obtenida a partir de la cartografía base. Derecha. Generación del MDT y representación de la cota de inundación obtenida para ese tramo, de acuerdo con los datos asociados a la zona por los visores climáticos., derecha) que es sobre el que se proyecta la cota o nivel de afección de las zonas de vulnerabilidad, exposición y riesgo (Llorente, M., 2015), con respecto al nivel del mar de referencia local (Medina, R. 2004b).

La información territorial ortofotográfica adscribe cada parcela territorial a cada uno de los cuatro dominios morfogenéticos, contemplados en la ley de costas, y sus correspondientes unidades geomorfológicas derivadas, de acuerdo a determinados criterios (Medina, R. 2004a), bien energéticos (en los que la acción predominante es el modo de dispersión/absorción de la respuesta física de la marea; es decir si ésta es reflejante, disipativa, etc.,) o de equilibrio costero (tipología del transporte sedimentario de materiales no cohesivos) o topográfico (pendiente media, ángulo detallado de la playa, etc.,) y el cálculo de las variables escalares -corregidas-, proporcionadas por la hidrodinámica e hidrometeorología marina (Losada, I., 2016), y que se añaden a la base de datos del GIS, acotando la parcela definida en los visores costeros (<http://www.c3e-asturias.ihcantabria.com/> y <http://www.c3e.ihcantabria.com/>).

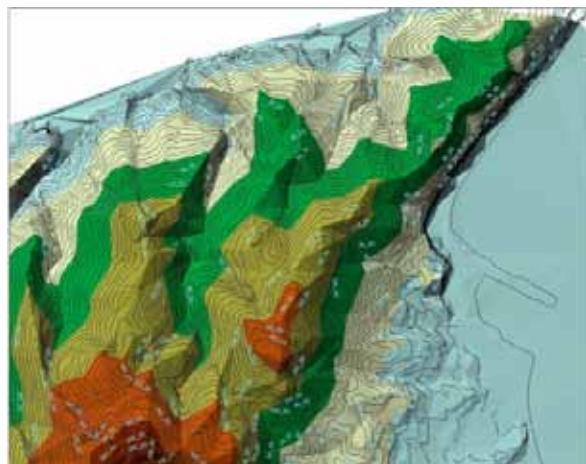


Figura 1. Infraestructuras y ordenación territorial en la franja costera de Hondarribia, obtenida a partir de la cartografía base. Derecha. Generación del MDT y representación de la cota de inundación obtenida para ese tramo, de acuerdo con los datos asociados a la zona por los visores climáticos.

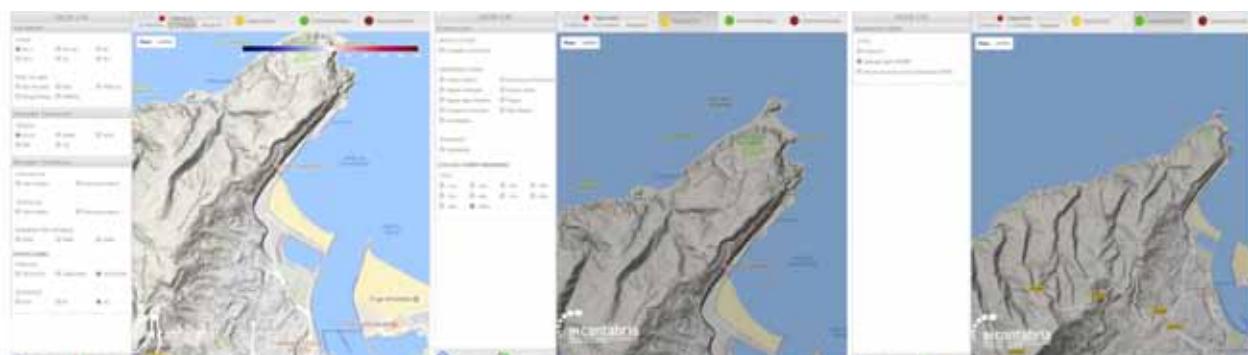


Figura 2. Extracción de parámetros y variables climáticas a partir del visor de la Universidad de Cantabria. Con estos datos se extrapolan al GIS, se crea un buffer de respuesta y se dibuja la zona azul de la figura 1.

En este ejemplo, playa de Hondarribia, las proyecciones son el resultado de la introducción de las variables derivadas de las hojas de cálculo, cruzadas con las capas del SIOSE (usos el suelo), los planos de las infraestructuras, incluyendo defensas, diques y obras asociadas (Orviz, P. 2016) y contrastadas con la información del visor de espacios naturales y figuras de protección ambiental (ZEPAS, LIC's), constatándose que, para un escenario climático de RCP8,5, (MAGRAMA. 2013) la proyección de la subida del nivel del mar –estimada- aumentaría el riesgo de afección a la playa (que desaparecería), junto con el dique de protección y parte del entramado urbano, tal y como ya se había apuntado en los trabajos de Ortiz, F. J., et al. 2004. y

La estrategia propuesta para este tramo costero, de acuerdo con el diagnóstico obtenido (riesgo alto, MAPAMA, 2014) consiste en reajustar los modelos climáticos (resolución de mayor detalle) y priorizar las áreas críticas resultantes (Anadón, R. et al., 2005). La secuencia de actuación sería, por tanto, la siguiente: Medidas de adaptación preventiva (con recrecimientos de defensas costeras y aporte de arenas, capaces de absorber parte de la energía del sistema y retardar los procesos de inundación vinculados con el cambio climático); Modificaciones jurídicas de reclasificación de usos de suelo (Documentos UE. 2012), con eliminación de tramos rígidos del litoral y revegetación costera (acomodación territorial) y, por último, desarrollo y ejecución de un plan de retroceso y abandono planificado (con reubicación de los usos y recursos existentes) de las áreas críticas (García, E. y Tejerina J. L., 2016).

Evidentemente se ha ilustrado el escenario más pesimista (Figura 1. Infraestructuras y ordenación territorial en la franja costera de Hondarribia, obtenida a partir de la cartografía base. Derecha. Generación del MDT y representación de la cota de inundación obtenida para ese tramo, de acuerdo con los datos asociados a la zona por los visores climáticos., derecha) en cuanto a la altura de cota alcanzada por el nivel del mar (Moreno, J. M. et al., 2005), aunque las previsiones del IPCC, para finales de siglo, se han reducido a medida que se afina en la obtención de mejores datos ambientales, reduciéndose la incertidumbre. Los valores estimados oscilan entre 50-90 cm (IPCC 1998) a 13-68 cm (IPCC 2001). Con todo, los nuevos valores de INQUA (International Union for the Study of Quaternary Sea-Level Change and Coastal Evolution Commission) y del IGCP (International Geosciences Programme Projects 369 and 437) reducen aún más esta cota del umbral de inundación (entre 10-20 cm a fin de siglo), segú la información del docuemnto de MAGRAMA. 2013.

Conclusiones

El mapa corregido, por tanto, es el resultado de integrar los aspectos legales que se contemplan en la ley de Costas (zonificación jurídica del territorio), las consideraciones urbanísticas de la propia costa y las interrelaciones entre ambos elementos. Las unidades morfológicas y los dominios geomorfológicos del litoral, en principio señalan aquellas áreas que, de forma preventiva se asocian a territorios fácilmente correlacionables con zonas de alto Riesgo y exposición a los efectos del cambio Climático en el litoral.

A partir de estas cartografías es posible cuantificar, evaluar y establecer condiciones de fijación de la población y limitaciones vinculadas a la prevención de riesgos, de desarrollo de defensas costeras y ubicación y fijación en el territorio.

Referencias

- Anadón, R., Duarte, C. M. y Fariña, A. C. 2005. Impactos sobre Ecosistemas Marinos y el Sector Pesquero. Cap. 4. En Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Informe Final. UCLM-OECC. 147-182 p.
- Benito, G., Corominas, J. y Morenos, J. M. 2005. Impactos sobre los Riesgos Naturales de origen Climático. Cap. 12. En Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Informe Final. UCLM-OECC. 525-549 p.
- Cendrero, A., Sánchez-Arcilla A. y Zazo Caridad. 2005. Impactos sobre las Zonas Costeras. Cap. 11. Zonas Costeras. En Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Informe Final. UCLM-OECC.469-524 p.
- García, E. y Tejerina J. L. 2016. Corrección del Efecto de Erosión localizada en el Extremo Oeste de la Segunda Playa del Sardinero. Santander. Doc. Amb. ACADAR. DGSCyM. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 83 p.
- Gomis, D. y Álvarez, E. 2016. Vulnerabilidad de los Puertos Españoles ante el Cambio Climático. Edita: Puertos del Estado. Madrid, España. 286 p.<http://publicacionesoficiales.boe.es/>. 133p.
- Documentos UE. 2012. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Crecimiento Azul. Oportunidades para un crecimiento marino y Marítimo Sostenible. Bruselas. <https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/content/2946>. 16 p.
- Diario Oficial de las CEE. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece un Marco Comunitario de Actuación en el Ámbito de la Política de Aguas. 72 p.
- Eurosion 2002. Coastal Erosion Indicators Study. Coastal Erosion-Evaluation of the Needs for Action Contract No.: B4-3301/2001/329175/MAR/B3. UE. 52 p.
- Losada, I. 2016. El Cambio Climático en las Zonas Costeras; Previsiones y Estrategias de Adaptación. Documentos internos OECC. Madrid. España. 32 p.
- Losada, I.J., Izaguirre, C. y Díaz P. 2014. Cambio Climático en la Costa Española. OECC. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. España. NIPO: 280-14-1126-3.
- Llorente, M. 2015. GeoMap. Modelo de Evaluación de Pérdidas por Peligros Geológicos. Aplicación al caso de las Islas Canarias. Madrid. España. Consorcio de Compensación de Seguros. NIPO 720-15-133-1. 306 p.
- Medina, R. (coord). 2004. Impacto en la Costa Española por Efecto del Cambio Climático. Fase I. Evaluaciones en la Dinámica Costera Española. Edita. Ministerio de Medio Ambiente-OECC. Universidad de Cantabria. 480 p.
- Medina, R. (coord). 2004. Impacto en la Costa Española por Efecto del Cambio Climático. Fase II. Evaluación de efectos en la Costa Española. Edita. Ministerio de Medio Ambiente y la OECC. Universidad de Cantabria. 423 p.
- Medina, R. (coord). 2004. Impacto en la Costa Española por Efecto del Cambio Climático. Fase III. Estrategias Frente al Cambio Climático en la Costa. Edita. Ministerio de Medio Ambiente - OECC. Universidad de Cantabria. 132 p.
- Medina, R. y Méndez, F. 2006. Inundación Costera Originada por la Dinámica Marina. I.T. nº 74. 68-74 p.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2013. Sexta Comunicación Nacional de España. Convención Marco Naciones Unidas sobre Cambio Climático. NIPO: 280-14-080-3. D.P M-11485-2014. 196 p. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014.

- Estrategia para la Adaptación de la Costa a los Efectos del Cambio Climático. Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar- Oficina española de cambio Climático.23 p.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2017. Informe Anual de indicadores: Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. N° Extraordinario. NIPO: 013-17-031-X. Depósito legal M-6808-2017. 187 p.
- Moreno, J. M. (coord). 2005. Evaluación Preliminar General de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. UCLM- Ministerio de Medio Ambiente. 823 p.
- Ortiz, F. J., Arteche J. L. y Sanz P. 2004. Caracterización del Oleaje en las Aguas Costeras del Cantábrico. El Clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, nº 4, Santander. 95- 104 p.
- Orviz, P. 2017. Estudio sobre la Adaptación al Cambio Climático de la Costa del Principado de Asturias. Gestión del Proyecto Piloto del Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Infraestructuras, Ordenación del territorio y Medio Ambiente. 32 p.
- Tomás, A., Méndez, F.J., Medina, R., Losada, I.J., Menéndez, M. y Liste, M. (2004). Bases de Datos de Oleaje y Nivel del Mar, Calibración y Análisis: el Cambio Climático en la Dinámica Marina en España. El Clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, nº 4, Santander. 155-164 p.
- S. Brönnimann, S., Annis, S. J., Dann, W., Ewen, T., Grant, A. N., Griesser, T., Krähenmann, S., Mohr, C., Scherer, M. and Vogler, C. 2006. A Guide for Digitising Manuscript Climate Data.Clim. Past, 2, 137–144, 2006 p. www.clim-past.net/2/137/2006/.
- VV.AA. 2010. Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático. Marco para la Coordinación entre Administraciones Públicas para las Actividades de Evaluación de Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático. MAPAMA. 59 p.
- VV.AA. 2005. Hacia una gestión sostenible del Litoral Español. Editores Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General par el Territorio y la Diversidad y la Dirección General de Costas. Docuemnto de estudio y análisis 82 p.
- Wade, S. 2007. Sustainable Flood and Coastal Erosion Risk Management. Technical Report 1.Joint Defra/EA Flood and Coastal Erosion Risk Management R&D Programme. R&D Technical Report FD2015/TR1. 228 p.

4. MULTZOA - Gobernantza eta kudeatzeko eta erabakiak hartzeko tresnak

BLOQUE IV - Gobernanza y herramientas de gestión y toma de decisión

BLOC IV - Gouvernance et outils de gestion et de prise de decision

TRACK IV - Governance and management and decision-making tools

Foro Océanos: Canarias ante el impacto del cambio climático en el Océano

**Betancort-Lozano, Juan Francisco¹; González A G¹; Jiménez-Alvarado, David^{1,2};
Cruz-Makki, Amir¹; Torres-Padrón, M. Esther^{1,2}; O'Shanahan, Leopoldo¹;
Pérez-González, Yeray¹; Bergasa, Oscar¹; Guerra- Marrero, Airam¹; Sarmiento-Lezcano, Airam¹; Carreira-Galvan, Teresa; García-Marrero, Arminda¹; Benitez-Cabrera, Vicente¹ y Castro-Hernández Jose Juan^{1,2}**

Palabras clave Canarias, Océanos, Contaminación, Biodiversidad, Resilencia, Pesca.

Introducción

La situación actual del planeta es preocupante por lo que se han aprobado numerosos acuerdos internacionales que intentan limitar la acción humana y sus afecciones al clima y la sostenibilidad. Pero estas medidas no parecen estar teniendo el éxito que de ellas se espera, por lo que hay que buscar un nivel más real y adaptado a las posibilidades de los diferentes agentes socioeconómicos.

Estas medidas, que en el caso de la protección de los océanos ya urgen (United Nations, 2016), podrían lograr mitigar en gran medida las presiones ejercidas por las actividades humanas y los cambios ambientales surgidos en consecuencia. Sin embargo, a nivel local, su éxito podría no ser tan efectivo, por lo que hay que buscar un nivel más real y adaptado a las posibilidades de los diferentes agentes socioeconómicos.

De todas las regiones del planeta, son las islas y las regiones ultraperiféricas las que tienen una situación más afectada por los efectos del cambio climático. El alcance ecológico, económico y social de los problemas medioambientales globales se ve incrementario es éstas por sus limitaciones espaciales, dada su mayor vulnerabilidad marcada por las condiciones ambientales, las restricciones en los flujos biológicos (Brito, 2017) y, en definitiva, sobre las limitaciones en la capacidad de carga. Factores a escala global junto con factores locales (contaminación, sobreexplotación de recursos naturales, deficiencia en la gestión ambiental, etc.) determinan las condiciones de resiliencia del sistema ecológico y socioeconómico de Canarias frente a los posibles cambios en el clima. Un ejemplo claro es la introducción o llegada de especies exóticas, una de las mayores amenazas para la biodiversidad local, que es particularmente impactante en ambientes tan frágiles a los factores externos como los ecosistemas insulares (Santana, 2017).

Un indicador de la salud de las aguas canarias es la situación actual de las pesquerías. El exceso de capacidad de pesca total (profesional y recreativa) ha superado con creces la capacidad productiva de las aguas de las islas, lo que ha provocado que las poblaciones de peces hayan experimentado una progresiva

disminución de sus biommasas por sobrepesca, de modo que algunas especies más características son difíciles de observar en algunas islas. Entre 1969 y 2008, la abundancia promedio de las especies bento-demersales objetivo de la pesquería artesanal disminuyó en 89,9% (Castro et al., 2015).

Otro factor importante que disminuye la capacidad de resiliencia del litoral es el vertido de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Según el censo de vertidos tierra-mar realizado por el Gobierno de Canarias (www.gobiernodecanarias.org), existen 394 puntos de vertidos de aguas desde tierra en el archipiélago: 204 en la provincia de Santa Cruz de Tenerife y 190 en la provincia de Las Palmas. Lo preocupante de este asunto es que sólo 116 cuentan con autorización vigente, o sea, 278 no presentan autorización (www.grafcan.es). Esto no quiere decir que los vertidos sean ilegales, pero son una referencia de la problemática en términos de vertidos. En este sentido, cada vertido de agua residual que no tenga autorización abre la incertidumbre a si está o no bien tratada. En este sentido, cada vertido de agua residual que no tenga autorización abre la incertidumbre sobre su tratamiento. En caso de que no lo esté, es un impacto enorme a las comunidades bentónicas de la zona litoral, afectando a la biodiversidad y a la salud pública (O'Shanahan-Roca et al., 2003).

Como en gran parte del planeta, las Islas Canarias soportan una gran presión en su litoral. Ello es debido, por un lado, a que es donde se aloja la mayor parte de la población insular y, por otro, a la conjunción de distintos usos y desarrollo de sectores, como ciertos ejemplos ya comentados. Estos hechos han permitido el desarrollo de núcleos poblacionales y turísticos, construcciones sin organización, así como el asentamiento de estructuras portuarias e infraestructuras industriales. Este tipo de crecimiento desmesurado y concentrado en el litoral, aspecto muy común a lo largo del planeta, ha originado la necesidad global de dirigir medidas para mitigar estos impactos, así como a desarrollar los diferentes sectores implicados de manera sostenible. Ante esta necesidad se conjugó la gestión integral de zonas costeras o de áreas litorales (GIAL). En relación con lo descrito sobre los usos costeros, actualmente el desarrollo de nuevos sectores marítimos, así como la evolución de otros maduros, miran hacia un horizonte que se extiende más allá. Así, los conceptos de economía azul y crecimiento azul, son cada vez más usuales en ámbitos políticos, administrativos y privados (ver MAPAMA, 2018). Este “fenómeno” de expansión de sectores económicos hacia el océano en general, fue advertido ya hace tiempo, de modo que en la pasada década, la planificación espacial marítima

¹Sociedad Atlántica de Oceanógrafos

²Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

E-mail: sociedadatlanticoceanografos@gmail.com

fue reconocida como una vía con la que alcanzar múltiples objetivos (ecológicos, económicos y sociales) (Ehler, 2014). Y por ello, resulta imprescindible contemplar la necesidad de una planificación en este sentido. Ello podría proveer de seguridad legal y predictibilidad a las inversiones públicas o privadas, a la vez que se protegen los recursos naturales y las pesquerías (Ehler, 2014). Como indicativo de ello, la Unión Europea publicó en 2014 la Directiva marco europea en planificación espacial marítima (Directiva 2014/89/UE), traspuesta recientemente al ordenamiento español (Real Decreto 363/2017).

La Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (SAO), preocupada por el impacto que las acciones humanas y los cambios en el clima están teniendo sobre la vida en los océanos, acordó poner en marcha una estrategia de acción local dentro de un contexto global. En este sentido se determinó como prioritario **generar un documento de base que identifique aquellos aspectos que están afectando a la capacidad de resiliencia de los océanos e identificar qué acciones a escala local, desde Canarias, pueden ser puestas en marcha para minimizar dichos impactos**. Este documento puede ser un marco sobre el que se fundamente un acuerdo social de acción, al que se sumen tanto instituciones, empresas, asociaciones y personas para alcanzar los objetivos colectivos que se fijen, a modo de compromiso para proteger y recuperar el medio marino que rodea a las islas, y contribuir a la recuperación del océano global, ayudando a aumentar la resiliencia de nuestros mares.

Materiales y métodos

La SAO plantea el primer Foro Océanos (*Canarias y el Cambio Climático en el Océano*) en 2017, como un punto de encuentro y comunicación entre profesionales, expertos, empresas, agentes políticos y sociales alrededor de la problemática de la resiliencia y respuesta del entorno marino de Canarias frente al cambio climático y los actuales problemas ambientales. Para esto, desde la SAO se definieron una total de 5 ámbitos o mesas de trabajo: Biodiversidad, Contaminación, Pesca y Acuicultura, Gestión del Medio Litoral y Educación e I+D+i.

Tras la definición de estas áreas fundamentales, se pretendió conseguir la implicación del mayor número de actores relacionados, que participasen no solamente en las mesas de trabajo de forma activa, y que se comprometieran a asumir y cumplir una serie de objetivos derivados del consenso en cada mesa. En cada caso se siguió una dinámica de trabajo similar: definir las condiciones actuales, proponer acciones concretas dentro del área de influencia y alcance de cada participante y definir un compromiso común. La última fase del Foro Océanos es la integración de todas las medidas plasmadas en un documento público y el seguimiento del cumplimiento de dichos compromisos.

Resultados y discusión

En la primera edición del Foro Océanos, participaron un total de 120 expertos, profesionales, representantes sociales y empresariales, agentes públicos y sociales. En las diferentes mesas de trabajo se establecieron discusiones de carácter sectorial entre los actores participantes en el Foro Océanos.

Uno de los principales aspectos que imposibilitan la capacidad de resiliencia de nuestros mares es la contaminación. En el caso de Foro Océanos, la mesa técnica que estudia buscar soluciones a contaminación abarca en primera instancia problemas de depuración de aguas y vertidos al mar, uso de aguas regeneradas, plásticos y microplásticos, entre otros temas. La solución a los problemas ambientales derivados de la contaminación no puede pasar solo por construir estaciones depuradoras de aguas residuales en todo el litoral de Canarias. La naturaleza de los vertidos es muy diferente en función de cada núcleo poblacional e industrias, por ello se establece la necesidad de realizar estudios particulares en cada zona de las islas para promover la correcta instalación de depuradoras, así como también facilitar a los habitantes su conexión a la red de saneamiento. En Canarias, la mayor cantidad de población habita en la zona costera, dejando las medianías con una cantidad de población muy inferior. En este caso, se estima urgente hacer estudios del beneficio de la instalación de depuradoras naturales, que hagan más fácil la reutilización del agua en dichas zonas (Peraza-Cano et al., 2005; Vera et al., 2013). Este es otro de los grandes problemas que se identifican en Canarias, la reutilización del agua regenerada. Depurar nuestras aguas es un gasto importante y dependemos del agua. Por lo que se establecen líneas de actuación directas con la sociedad para aumentar el conocimiento del agua regenerada y sus ventajas.

Los plásticos y microplásticos son una gran industria mundial, uno de los mejores inventos del ser humano en este siglo, pero la mala gestión de los residuos plásticos está llevando a que sea uno de los grandes retos de la sociedad moderna. Recientemente, Lebreton et al. (2017) estimaron que entre 5 y 13 millones de toneladas de plástico acaban en el océano cada año. En cuanto a Canarias, Herrera et al. (2017) han encontrado en tres playas de diversas características, plásticos y microplásticos que provienen de industrias inexistentes en Canarias, lo cual confirma que los residuos plásticos son un problema global y que todos estamos interconectados por la circulación oceánica. En el Foro se consensua como necesidad urgente establecer planes de actuación tanto divulgativos, que transfieran a la sociedad el conocimiento sobre el efecto de los plásticos en nuestros ecosistemas, como de trabajar con las administraciones públicas para disminuir el uso de plásticos de un solo uso.

En definitiva, en la mesa técnica de contaminación, se establecen líneas de trabajo definidas y con capacidad de desarrollo local e inminente. La prioridad pasa por hacer un estudio integral de depuración de aguas, vertidos al mar, para facilitar la gestión en este sentido, aumentando la cantidad de agua depurada y llegar a la meta de “Cero vertidos sin depurar”. Por otro lado, se hará un fuerte esfuerzo de divulgación científica para que aumente el conocimiento de la población sobre el uso de las aguas regeneradas. En cuanto a plásticos y microplásticos, se trabaja en diversas direcciones. Por un lado, se están estableciendo planes de actuación para erradicar las bolsas de plástico y los plásticos de un solo uso, insertar en el mercado las máquinas de retorno de envases entre otros.

En el ámbito de las Pesquerías y Acuicultura en Canarias el aspecto identificado como más grave para Canarias es la sobrepesca.

Aunque la política de gestión pesquera en las Islas Canarias se ha basado en la limitación del esfuerzo pesquero (limitando el tipo y la cantidad de ciertos artes de pesca y reduciendo el número de barcos de pesca), se ha reflejado en los resultados manteniéndose los problemas existentes. El aumento de la capacidad de pesca como resultado de las mejoras en los buques y las infraestructuras terrestres para ayudar a la flota artesanal, así como la excesiva intensificación de la pesca recreativa, ha llevado a un crecimiento significativo en el esfuerzo de pesca efectivo a pesar del descenso progresivo en número de barcos de pesca y de pescadores profesionales en un 59,1% y 80%, respectivamente, entre 1968 y 2012 (Castro et al., 2015). Se acuerda la necesidad urgente de desarrollar estudios de biomasa y de evaluación de pesca, así como buscar alternativas que satisfagan los requerimientos para tener una pesca sostenible. Un compromiso urgente a adoptar es el establecimiento de tallas mínimas de captura para todas las especies objetivo de la pesquería, así como establecer pequeños paros biológicos acordes a los períodos reproductivos de cada una de ellas.

Dentro de la mesa de trabajo dedicada a la Biodiversidad destacaron los compromisos relacionados con la definición y aplicación de los protocolos de control, vigilancia y protección de la biodiversidad de Canarias, implicando lo más posible a la ciudadanía. En un sentido similar, en el ámbito litoral y las zonas marítimas adyacentes a las Islas Canarias, enmarcadas en la zona económica exclusiva española, es necesario implicar a varias administraciones, lo que dificulta la integración de los diferentes usos (incluido la protección) y sectores. Es importante abogar por la implantación de un sistema de gestión litoral integradora (GIAL) u otras medidas relacionadas (y de menor dificultad de implantación) que favorecieran el desarrollo local sostenible.

En el área de Educación e I+D+i, se recalca la importancia estratégica de la formación tanto del cuerpo docente como de los y las discentes. Para esto, se hace necesario el desarrollo de contenidos curriculares específicos, adaptados y accesibles a Canarias y su problemática. Asimismo, son cada vez más necesarias acciones destinadas al público y ciudadanía en general. Finalmente, se recalca la importancia de la inversión en investigación y la transferencia de conocimiento.

Conclusiones

Los compromisos alcanzados en el Foro Océanos, desarrollado entre el 5 y 6 de septiembre de 2017 en Las Palmas de Gran Canaria están disponibles en la página web de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos (<http://foroceanos.org/foroceanos>) y son el resultado del análisis de la problemática ambiental actual de las Islas Canarias, así como de la necesidad de empezar a trabajar en una línea clara y concreta. A partir de los encuentros desarrollados en el Foro se pretende sentar unas bases que deberán ser refrendadas en ediciones futuras, incorporando en cada edición nuevos participantes y aumentando el alcance del mismo.

Referencias

- Brito, A. (2017) La biodiversidad marina de Canarias y su conservación: una visión personal. Revista de la Academia Canaria de la Ciencia. 20 pp.
- Castro, J.J., E. Divovich, Delgado de Molina-Acevedo, A. & Barrera-Luján, A. (2015) Over-looked and under-reported: A catch reconstruction of marine fisheries in the Canary Islands, Spain, 1950-2010. Working Paper Series (WP #2015-26). Fisheries Centre. The University of British Columbia. 35 pp.
- Ehler,C. (2014) A Guide to Evaluating Marine Spatial Plans, Paris, UNESCO, 2014. IOC Manuals and Guides, 70; ICAM Dossier 8
- Herrera, A., Liria, A., Ostiategui, P. & Gómez M 82017) Los microplásticos: Amenaza de los ecosistemas marinos. Okeanos, 5, 12-17.
- Lebreton, L. C., Van der Zwart, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrade, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. Nature communications, 8, 15611.
- MAPAMA (2018) La Secretaría General de Pesca firma con la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) un Protocolo de Colaboración para el Impulso del Crecimiento Azul en el Atlántico Central. Nota de prensa. 06.02.2018.
- United Nations (2016) The First Global Integrated Marine Assessment. World Ocean Assessment I. A compilation of the Assessment's individual content files. 1752 pp.
- Santana Suarez, R. (2017) Estudio de especies exóticas invasoras en el municipio de Tacoronte. Trabajo de Fin de Grado. (ULL).
- Vera, L., Martel, G., & Márquez, M. (2013). Two years monitoring of the natural system for wastewater reclamation in Santa Lucía, Gran Canaria Island. Ecological engineering, 50, 21-30.

Agradecimientos

El Foro Océano ha sido realizado con la colaboración del Cabildo Insular de Gran Canaria, La Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Obra Social "La Caixa" y El Proyecto MIMAR - desarrollado con el apoyo de la Unión Europea (UE) y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020 (Madeira-Azores-Canarias)" y Gobierno de Canarias.

Hydrodynamique et restauration écologique des sites déboldérisés du bassin d'Arcachon

Magri, Stéphane¹

Mot-clés : Déboldérisation, hydrodynamique, sédiment, restauration, marais.

Introduction

Depuis le Moyen-Age, l'homme a gagné des terres sur la mer pour y développer ses activités. Aujourd'hui, un mouvement de rétrocession de ces polders à la mer voit le jour, on parle de déboldérisation ou de réalignement. Les gestionnaires d'espaces littoraux souhaitent ainsi redonner à ces marais, une fois restaurés, des fonctionnalités et une biodiversité forte, à un coût réduit (Temmerman et al., 2013).

Néanmoins, les acteurs font bien souvent face à la difficulté de l'approche pluridisciplinaire que nécessite une étude de déboldérisation : écologie, hydrodynamique, économie, paysage, risque, aménagement, acceptabilité sociale...

Afin de proposer une méthodologie pragmatique et resserrée pour estimer le succès d'une opération de réalignement, le Cerema et l'UMR PRODIG portent un sujet de doctorat en géographie : « Hydrodynamique et restauration écologique des sites déboldérisés du bassin d'Arcachon ». Ce sujet répond à des attentes locales à la fois scientifiques, techniques et de gestion, mais a également vocation à alimenter les réflexions nationales, communautaires et mondiales sur la thématique de la déboldérisation.

Le sujet s'inscrit dans le principe d'une recherche confrontant modélisation et instrumentation terrain, directement appliquée à la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques d'aménagement, de préservation du patrimoine naturel, et des risques.

La problématique de la thèse est la suivante : comment les dynamiques hydrauliques, sédimentaires et végétales des sites déboldérisés influent-elles sur l'efficacité de leur ouverture à la mer en tant que mesure de restauration écologique ?

Les travaux ont pour ambition d'utiliser uniquement des solutions logicielles libres afin d'assurer la reproductibilité des méthodes développées. Le présent article dresse de façon sommaire les données et méthodes retenues et expose quelques résultats.

Données et méthodes

Le delta de Leyre, situé sur la partie orientale du bassin d'Arcachon, a été choisi comme territoire d'analyse. Les sites d'instrumentations sédimentaires et hydrauliques sont les parties déboldérisées de l'île de Malprat et du domaine de Graveyron.

Ces domaines ont en effet subi une déboldérisation accidentelle, et s'y côtoient des faciès de marais d'eau douce et maritimes. Ils constituent un terrain privilégié d'étude des conséquences hydrauliques, sédimentaires et écologiques de la déboldérisation (Anselme et al., 2008).

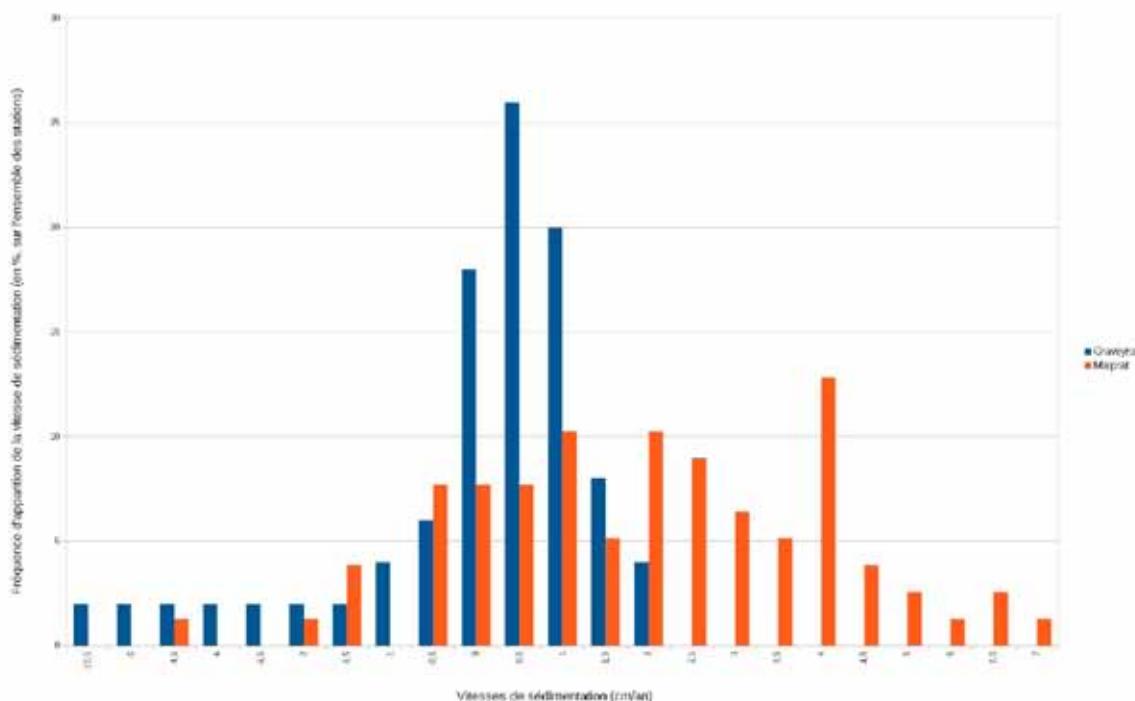
Un ALTUS (société NKE), ou altimètre submersible à haute fréquence acoustique, a été acquis dans le cadre du programme Barcasub (Goeldner-Gianella et al., 2013). Il est à disposition pour les travaux de doctorat. Cet appareil permet l'étude des variations des niveaux de sédiments d'estran, il possède également une fonction houlographie par capteur de pression. Les cadences d'enregistrement élevées permettent de mesurer à haute fréquence les évolutions sédimentaires, en les reliant directement à l'énergie de la houle. Les mesures se déclenchent lorsque l'appareil est immergé. Cet ALTUS a été installé dans un chenal principal du casier ouest de Malprat pendant la première année de thèse, puis déplacé sur la vasière intertidale au droit du site depuis septembre 2016. Quatre capteurs de pression et de température HOBO U20L ont eux été déployés dans les chenaux interne de Graveyron afin de caractériser la propagation de la marée.

Des suivis de l'évolution sédimentaires sont opérés sur les deux casiers déboldérisés. Un système de plaques enfouies créé par des chercheurs britanniques a été mis en place en 2010 dans le cadre de Barcasub. La méthode consiste à mesurer la distance entre la surface du sédiment et une plaque de PVC enterrée, initialement enfouie à une dizaine de centimètres, à l'aide d'une aiguille à tricoter assez rigide. Une fois mis en place, le système permet, sans perturbation excessive du substrat, un suivi centimétrique des évolutions sédimentaires. Les données stationnelles ont été traitées au sein d'un tableur, les valeurs relevées à l'aiguille sur 9 points de chaque station (angles, bords et centres de la plaque) étant moyennées. Des évolutions de profils et des taux annuels de sédimentation ont été calculés pour chaque station.



Figure 1. Vue aérienne du site déboldérisé de Malprat (Observatoire de la

¹Cerema, CS60013, 33166 Saint-Médard-en-Jalles
E-mail: stephane.magri@cerema.fr



qui envisagent le réalignement comme une option, dans un contexte complexe d'élévation du niveau de la mer, de raréfaction des crédits publics, et de prise de conscience de l'intérêt des écosystèmes à participer activement à la protection des populations et des biens.

Références

- Anselme, B., Durand, P., Goeldner-Gianella, L., Bertrand, F., 2008. Impacts de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un marais maritime endigué : le domaine de Graveyron, bassin d'Arcachon (France). *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*. doi:10.4000/vertigo.1254
- Goeldner-Gianella L., Bertrand F., Juillet 2013, BARCASUB."La SUBmersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d'ARCAchon (France) : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépolderisation ?", Programme Liteau : rapport de synthèse du projet "BARCASUB", Laboratoire UMR 8586 PRODIG (Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique), Institut de Géographie, p.1-198.
- Goeldner-Gianella, L., Bertrand, F., 2014. Dossier « Territoires en transition environnementale » – Gérer le risque de submersion marine par la dépolderisation : représentations locales et application des politiques publiques dans le bassin d'Arcachon. *Natures Sciences Sociétés* 22, 219–230. doi:10.1051/nss/2014035
- +9/Maximova T. J.V., 2014. Analysis of the depoldering of the Hedwige-Prosperpolder with a 2D TELEMAC model (Scheldt estuary, the Netherlands and Belgium). Proceedings of the 21st TELEMAC-MASCARET User Conference, 15th-17th October 2014, Grenoble – France. pp. 87-92.
- Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T.J., Herman, P.M.J., Ysebaert, T., De Vriend, H.J., 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* 504, 79–83. doi:10.1038/nature12859Mendieta I. and Intxausti, J. 2004. Title of report. City, Country. Agency. 190 pp.

Crédits photos ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2014.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Frédéric Bertrand et Yves Nédélec

Voix multiples dans la défense écologiste et citoyenne des océans :Convergences d'acteurs autour du Golfe de Gascogne (sud)

Villain, Milo^{1,2}

Mot-clés : Écologisme associatif, mouvements sociaux, contestation citoyenne, représentations, défense océan

Introduction

La défense écologiste citoyenne des océans est constituée par un ensemble complexe d'acteurs qui, au-delà de leurs divergences, partagent aussi des valeurs, des visions et des actions communes. Les mouvements étudiés dans la partie sud du Golfe de Gascogne, de l'Aquitaine à la Galice, luttent principalement contre les atteintes anthropiques néfastes sur le milieu marin et côtier. Leurs contestations portent tantôt sur les déchets plastiques, la pollution bactériologique, les conséquences de la surpêche, comme sur l'urbanisation littorale et les risques industriels développés par nos sociétés contemporaines (Carson, 1968 ; Beck, 2001 ; Boeuf, 2004 ; Bonneuil&Fressoz, 2013). Ces dernières se rejoignent dans la réaction aux menaces environnementales pesant sur l'océan. De fait, des coalitions et des projets collaboratifs ont ainsi été observés entre plusieurs groupes étudiés. Ces actions communes se matérialisent aussi bien à travers des luttes et des événements partagés, que des coréalisations audiovisuelles.

Données et méthodes

Afin de comprendre les valeurs de ces groupes, il nous a semblé essentiel de faire apparaître les logiques d'action collectives et individuelles qui animent leurs membres (Fillieule, Agrikoliansky and Sommier 2010 ; Ion, 2012 ; Neveu, 2015), et qui se rejoignent sur plusieurs points. Nous avons souhaité en rendre compte à travers une enquête qualitative exploratoire et inédite, mêlant entretiens, récits de vie et observation participante au contact de membres de Greenpeace, Sea Shepherd, Ecologistas en acción, Surfrider Foundation Europe, Bizi!, Noutous, Mater Museoa, Nakusarbe, et Coge3. Notre enquête s'appuie sur 17 entretiens semi-directifs (dont quatre filmés), ainsi que sur une vingtaine d'entretiens informels, et enfin, sur plusieurs phases d'observation participante avec les groupes écologistes citoyens : Bizi! / Alternatiba (Bayonne),

Greenpeace (Bordeaux), le groupe de travail Uramap (SFE/Bizi!) (Biarritz), Ekologistak Martxan (Bilbao), Camp Climat 2017 (Maury, Pyrénées-Orientales).

Des efforts continus de réflexivité ont été développés, notamment à travers la réalisation d'un blog¹ et d'un mini-reportage². En donnant la parole aux enquêté-e-s, et de manière plus large en rejoignant nos recherches actuelles, nous avons souhaité éclairer les questions suivantes : quels sont les messages des «défenseurs des océans» et leur portée ? Quelle est l'influence concrète de ces actions écologistes citoyennes localisées sur notre agir sociétal global ? Et en quoi leurs pratiques et représentations sont-elles porteuses d'espoir pour une forme de transformation sociale (Touraine, Hegedus, Dubet, and Wiewiorka, 1980 ; Augé, 2011 ; Sue, 2016) ? À ce titre, nous reviendrons sur le blocage du sommet du pétrole offshore (MECDD) qui s'est tenu à Pau en avril 2016, ou encore celui de la campagne AmazonReef contre Total en 2017. L'analyse de certains répertoires médiatiques militants permettra d'aider à saisir le sens de ces controverses.

Résultats et discussion

Il nous a semblé nécessaire d'exposer des résultats intermédiaires suite à l'enquête par entretiens semi-directifs. Grâce aux témoignages des enquêté-e-s, nous avons réussi à dégager cinq thématiques communes pour distinguer les raisons d'agir individuelles des militants écologistes. De fait, nous avons identifié cinq raisons principales jusqu'ici, qui ne sont ni généralisables, encore moins immuables ou exclusives, mais plutôt indicatives sur une tendance dans un contexte donné. Ces dernières peuvent être complémentaires entre elles. Nous n'avons pas la prétention d'affirmer avoir épousé l'ensemble des logiques d'action existantes, c'est pour cela que nous les avons formulées à l'interrogative. Les cinq raisons d'actions individuelles que nous avons identifiées sont les suivantes:

¹Université de Pau et des Pays de l'Adour. Laboratoire UMR 5319 PASSAGES, Ecole doctorale 481 (Pau, France), Avenue du Doyen Poplawski, BP 1633, F-64016 PAU CEDEX

² Escuela de máster y doctorado. Universidad del País Vasco/EHU, Sarriena, z/g | 48940 Leioa (Bizkaia)
E-mail: milo.villain@gmail.com

¹ Le blog suivant a été publié pour rendre compte de certains résultats issus d'un premier terrain exploratoire effectué à vélo le long de la côte nord ibérique (du 22/04 au 19/05/2017) : <http://liens-terre-mer.blogspot.fr/> (voir les différentes publications dans "archivos").

² Le montage d'un mini-reportage reprenant des extraits d'entretiens (audio et vidéo) est accessible au lien suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=QsWkzmUXN34>.

Tableau 1. Les principales raisons d'agir individuelles des écologistes enquêtés

Les raisons d'agir individuelles	Extraits d'entretiens et de récits de vie des militant.e.s écologistes enquêté.e.s
<p>L'action émancipatrice ? L'individu s'engagerait pour se libérer d'une force extérieure. (L'éthique individuelle face à des cadres sociaux opprassants)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - “ [...] sobre todo el movimiento se basó en informar a los ciudadanos. Porque manifestaciones estaba prohibido hacer...” (José Mari) - “Les hommes politiques ne vont pas développer cette philosophie du respect de la nature. Pourquoi ? Parce que derrière ya les banques, ya les intérêts, ya tout ça. Et pourtant c'est l'intérêt de tout le monde. L'intérêt qui va au-delà de l'humain qui est éthique”. (Mikel)
<p>L'action par identification à des icônes/ références emblématiques ? (Rapport à l'image d'un groupe, aux valeurs transmises, et à la hiérarchie)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - “J'ai lu la gueule ouverte, qui est un livre édité par Charlie Hebdo et Hara-Kiri, qui a parlé d'écologie” (Jacques) - “Cousteau fue para mí, fue el que me motivó hacer esto. Félix Rodríguez de la Fuente en España portó el tema de la... Para mí, los audiovisuales y los documentales son los que me han llevado aquí.” (Alberto) - “Nuestro fundador, Paul Watson, es quien inventó colocar la zodiac entre el ballenero y la ballena por ejemplo. Es acción directa pero siempre dentro de la legalidad. Entonces, al día de hoy, Sea Shepherd es un movimiento global. Estamos en todos los países.” (Vincent) - “Paul Watson dice cuando aquello muera, moriremos nosotros” (Ben)
<p>L'action collective pour plus de crédibilité ? (L'identification à un groupe, et le besoin d'appartenance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - “À l'époque on parlait pas beaucoup d'écologie, donc c'était très important pour moi d'être dans un groupe, parce que quand t'es tout seul t'as le doute qui arrive, tu te dis, ouai, je peux pas avoir raison contre la terre entière hein...” (Jacques) - “On a eu dans le collectif des représentants d'un peu toutes les organisations, [...] qui ont parlé en tant qu'individus mais aussi au nom de leurs organisations pour essayer d'arriver à élaborer des stratégies communes.” (Didier) - “Si on est divisé, c'est difficile de se battre pour une même nature”. (Hanna) - “hay un loco allí, que está con un cartel diciéndole a la gente que los animales salvajes tienen que estar en libertad, que no se qué...”, y no me hacían ni puto caso, me miraban como si estuviera loco, pero yo les decía la verdad. Yo si tengo razón, no me importa. Y claro vino la policía y “qué me vaya”. “Y por qué me tengo que ir si yo estoy aquí y no estoy haciendo nada?”. “No pero está usted... desorden público”. (Vincent)
<p>L'action comme critique du monde contemporain ? (Utilisation d'un levier local de transformation de la sphère politique et sociale)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - “Claro, allí el grave problema del mundo hoy en día es que somos 7 500 millones de personas, y todos queremos comer, y todos necesitamos comer. Cómo se hace eso? Pues con... Hiper-exploitando todo. Sobrepesca, redes de arrastre [...]” (Alberto) - “[...] c'est que ça touche autre chose que le rationnel et là on sort de l'ère industrielle où on est dans les chiffres, on est dans le management, on est dans les cadres, et c'est comme si là on arrive à un moment où l'être humain redécouvre qu'il a un cœur, un corps.” (Cendrine) - “Oui, j'ai un monde idéal, [...] qui ressemble peut-être à certaines communautés qui s'organisent en autonomie localement, au niveau du respect entre être humain, respect avec l'environnement naturel et non-naturel qui les entoure... Non violence, faire un peu hippie, d'amour, mais plus en termes de non-violence et de bienveillance en fait, et du coup qu'au niveau économique, bah oui, qu'on exploite juste ce qu'on a besoin...” (Hanna) - “El sistema capitalista, está basado en la codicia, es el egoísmo que va a generar la codicia [...] Y mientras estamos en esta lógica [...] no podemos hablar de bienes comunes” (Miguel)
<p>Le lien à la mer/l'océan comme vecteur de sens à l'action ? (Responsabilisation par l'attachement territorial et affectif à la mer)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - “Todos venimos del mar, pero no todos somos del mar” (Oscar) - “Lo puso en marcha una cuadrilla de Pasaia, entre ellos mi padre, ligados íntimamente con la mar, que querían hacer algo [...] Ligados emocionalmente o por trabajo con el mar” (Izaskun) - “Te lo puede dar todo, y te lo puede quitar todo también. Eres tan nada al lado del mar, que eso es lo que nos gusta...” (Vincent) - “Es libertad, para mí el mar es libertad [...] El mar es lo más, es todo vamos, es tranquilidad, es todo vamos, es, no sé [...] cuando yo he tenido problemas en mi vida, he venido aquí además a esta playa” (Ben)

Conclusions

Les écologistes enquêté-e-s prônent des usages et des pratiques océaniques soutenables, et partagent des relations d'identifications, d'interdépendances, ou encore d'affects à l'égard des océans. Des valeurs communes apparaissent comme par exemple : le désir de participation citoyenne dans les politiques locales environnementales, l'application des lois de protection des océans, le respect des écosystèmes marins et côtiers, la réduction de la pollution... Cependant, les répertoires médiatiques et d'action, ainsi que leur radicalisme diffèrent selon les groupes. Par ailleurs, bien que les logiques d'action individuelles soient d'une grande complexité, elles se rejoignent sur plusieurs points. En effet, pour certains militant.e.s, l'action permettrait de se libérer de l'autoritarisme d'un système politique à un moment donné. Cette émancipation devrait dépasser les limites imposées par notre système social fondé sur une économie capitaliste et financière. À travers ces extraits discursifs, on peut également faire apparaître l'importance accordée par les militants à des ouvrages de référence pour leur ciment idéologique, ou encore à des leaders emblématiques, ainsi qu'à des icônes médiatiques. Le ralliement à un groupe rassure le militant en donnant plus de crédibilité à son action, tout en lui conférant, selon les cas, davantage de légitimité. De fait, le sentiment d'appartenance à une organisation correspondant à ses valeurs augmente la confiance en sa capacité à transformer «le monde». Entre arguments néo-malthusianistes et idéalisation des mécanismes sociaux communautaires, les militants s'opposent avant tout au mode de développement basé sur l'exploitation outrancière des ressources, caractéristique des sociétés hypermodernes. Enfin, La dimension affective du lien entre le militant et l'océan semble essentielle pour impulser son action, ou bien aussi pour nourrir la passion de son engagement. Le sentiment de liberté véhiculé par le contact avec la mer pourrait, lui aussi, renvoyer à la recherche de liberté, soit au caractère émancipatoire de l'action.

Références

- Augé, M. 2011. Où est passé l'avenir ? Paris, France. Points/Seuil.
- Bauman, Z. 2006. La vie liquide. Rodez, France. Le Rouergue/Chambon.
- Beck, U. 2001. La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité. Paris, France. Aubier.
- 2006. Qu'est-ce que le cosmopolitisme ? Paris, France. Flammarion/Aubier.
- Bœuf, G. 2014. La biodiversité, de l'océan à la cité. Collège de France, France. Fayard.
- Bonneuil, C. and Fressoz, J.-B. 2013. L'événement anthropocène. La Terre, l'histoire et nous. Paris, France. Seuil
- Carson, R. L. 1968. Le printemps silencieux. Paris, France. Plon
- Ferry, L. 1992. Le Nouvel Ordre écologique. L'arbre, l'animal et l'homme. Paris, France. Grasset & Fasquelle.
- Fillieule, O., Agrikoliansky É. and Sommier I. (dir.) 2010. Penser les mouvements sociaux. Conflits sociaux et contestations dans les sociétés contemporaines. Paris, France. La Découverte.
- Fukuyama, F. 1992. The End of History and the Last Man, London,

- England. Penguin Books.
- Harvey, D. 2000. Spaces of Hope. Berkeley and Los Angeles, University of California Press, USA
- Ion, J. 2012. S'engager dans une société d'individus. Paris, France. Armand Colin
- Itçaina, X. and Weisbein, J. (dir.) 2011. Marées noires et politique. Gestion et contestations de la pollution du Prestige en France et en Espagne. Paris, France. L'Harmattan.
- Jauréguiberry, F. 2007. Question nationale et mouvements sociaux en Pays Basque. Paris, France. L'Harmattan.
- Laraña, E. 1999. La construcción de los movimientos sociales, Madrid, Spain. Alianza Editorial.
- Le Pestre, P. 2005. Protection de l'environnement et relations internationales, les défis de l'écopolitique mondiale. Paris, Armand Colin.
- Morin, E. - 1993. Terre-Patrie. France. Seuil.
- 2016. *Écologiser l'homme*. France. Lemieux Éditeur.
- Neveu, É. 2015. Sociologie des mouvements sociaux. France. La Découverte,
- Touraine, A., Hegedus, Z., Dubet, F. and Wieviorka, M. 1980. La prophétie anti-nucléaire. Paris, France. Seuil.
- Touraine, A. 1992. Critique de la modernité. Fayard.
- Sue, R. 2016. La contre société. France. Les liens qui libèrent.

Remerciements

L'auteur tient à remercier l'ensemble des militant.e.s rencontré.e.s qui ont partagé des épisodes de leurs vies, Lionel Dupuy et Francis Jauréguiberry pour leurs éclaircissements continus, ainsi que Cendrine Templier et Txomin Poveda, pour m'avoir soutenu depuis le début de cet exercice.

Assessment of Maritime Transport in Egypt for the Recent and the Future Developed Ports by DEA Analysis

Elsayed A.¹

Keywords: Maritime transport; Performance; Benchmarking; Frontier; Data envelopment analysis (DEA); Inefficient.

Introduction

This research provides an assessment of the status of maritime transport in Egypt for the recent ports and the future developed ports. Changes in international production networks and maritime transport lead to a growing importance of ports as nodes in international supply chains. Based on technology development and time-critical global production patterns ports are confronted with rising expectations on the performance of their sea and land side operations. In order to assess the comparative performance of ports in supply chains it has been accepted that efficiency ratings determined through benchmarking can be powerful tools. Next to simple key performance indicators complex production functions have experienced approval due to their ability to compare independent multiple input and output criteria. To benchmark ports the frontier function Data Envelopment Analysis (DEA) has been applied frequently in the past five to ten years. The research also aims to analyze port productivity using Data Envelopment Analysis technique.

The new Suez Canal Hub possesses six ports, for every port there is the recent plan and the future developed plan to achieve the maximum efficiency, and it is clear from the following figures:

The Research Methodology

Data envelopment analysis is based on mathematical calculation and also it is called as non-parametric test because it is not following any distribution method. The main difference between the two models is in the assumption for returns to scale (RTS). In fact, the CCR model assumes constant returns to scale (CRS), whereas the BCC model allows for variable returns to scale (VRS). DEA models can be distinguished according to whether they are input-oriented or output oriented. In this research, we use output-oriented CCR and BCC models to analyze how to produce the maximum possible throughput from a given fixed quantity of resources used to analyze the different Egyptian ports. In order to estimate the efficiency, data were collected for the year 2004-2013.

$$\text{Total technical efficiency (TTE)} = X_j / X_d$$

$$\text{Pure technical efficiency (PTE)} = X_w / X_d$$

$$\text{Scale efficiency (SE)} = X_j / X_w$$

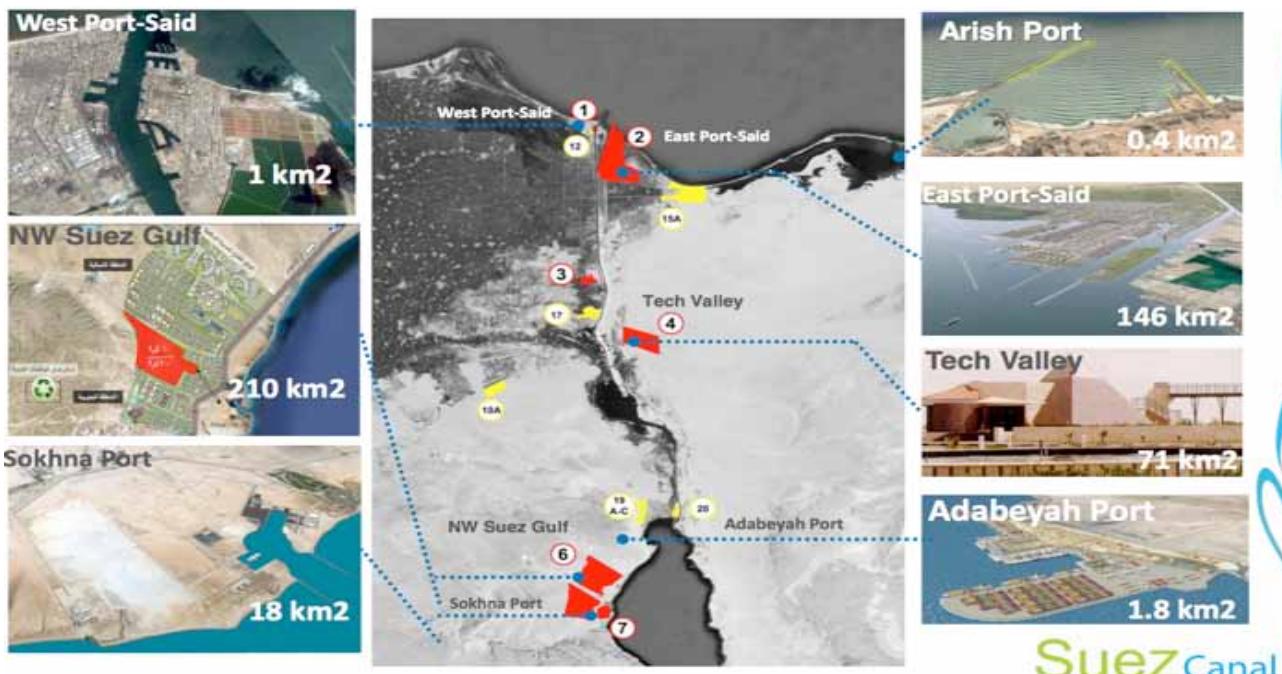


Figure 1. Summary of New Suez Canal ports sites.

¹Ayman Elsayed, Cairo-Egypt
E-mail contact: dr_aymanz@yahoo.com

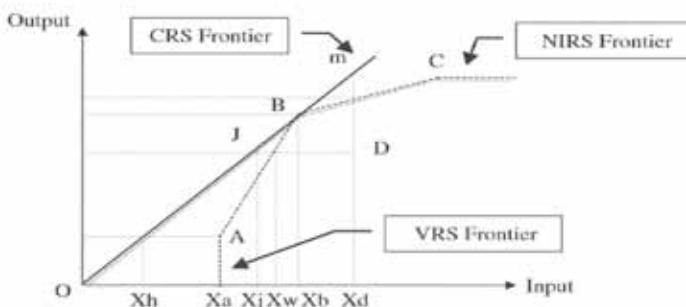


Figure 2. Constant, variable, non-increasing returns to scale, Technical and Scale Efficiency.

The Efficiency analysis results of the New Suez Canal Ports

Table 1. The achieved throughput of the ports.

	Throughput-Cargo	Throughput-Container	warehouse areas	Berths length
West port said	50 to 145	0 to 126	243253 to 243253	4452 to 4452
El Arish	0 to 121	0 to 063	34000 to 34000	364 to 364
East Port said	28.6 to 28.6	3 to 3	180000 to 180000	2400 to 2400
Adabia	6.1 to 6.1	0.1 to 0.1	3700 to 3700	1840 to 1840
Sokhma	5.6 to 5.6	0.5 to 0.5	11140 to 11140	2350 to 2350
El Tur	0.001 to 0.148	0 to 0.074	4390 to 4390	75 to 75

Table 2. The future Planned throughput of the ports.

	Throughput-Cargo	Throughput-Container	warehouse areas	Berths length
West port said	30 to 30	5 to 5	243253 to 243253	4452 to 4452
El Arish	12 to 5822	0 to 0.97	74540 to 47208.129	864 to 864
East Port said	12 to 57.235	27 to 8.872	4300000 to 431649.405	7900 to 7900
Adabia	7.91 to 30.323	0 to 5.054	494907 to 245875.674	4500 to 4500
Sokhma	8.5 to 43.801	0.4 to 7.3	1500000 to 355153.751	6500 to 6500
El Tur	0.38 to 1.55	0 to 0.258	389747 to 12566.979	230 to 230

Table 3. The achieved efficiency of the ports.

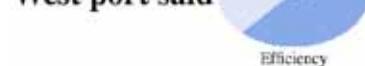
	Efficiency	West port said	El Arish	East Port said	Adabia	Sokhma	El Tur
West port said	39.76	39.76	0	100	23.21	100	0
El Arish	59.166	30.354	59.166	100	100	76.034	0.133
East Port said	100	8.985	0	100	4.348	17.021	0
Adabia	100	30.354	59.166	100	100	76.034	0.133
Sokhma	100	38.039	50.536	100	100	100	0.095
El Tur	0.133	30.354	59.166	100	100	76.034	0.133

Table 4. The Future Planned efficiency.

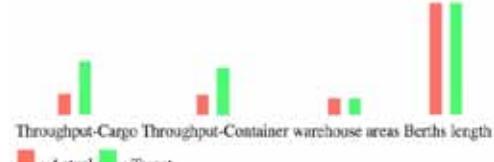
	Efficiency	West port said	El Arish	East Port said	Adabia	Sokhma	El Tur
West port said	100	100	0	30.431	0	5.479	0
El Arish	20.611	100	20.611	22.542	26.151	19.406	24.518
East Port said	30.431	100	0	30.431	0	5.479	0
Adabia	26.151	100	20.611	22.542	26.151	19.406	24.518
Sokhma	19.406	100	20.611	22.542	26.151	19.406	24.518
El Tur	24.518	100	20.611	22.542	26.151	19.406	24.518

Table 5. The achieved efficiency of West Port Said.

West port said



Efficiency



Throughput-Cargo Throughput-Container warehouse areas Berths length
■ : Actual ■ : Target

Reference Peer Group: East Port said , Sokhma
Frequency : 0

Number of decimals : 3 □

	Throughput-Cargo	Throughput-Container	warehouse areas	Berths length
Slacks	0.811	0	0	0
Weights	0	2	0	0
Values	3.03	0.5	243253	4452
Targets	11.451	1.256	243253	4452

Table 6. The future planned efficiency of West Port Said.

West port said



Efficiency



■ : Actual ■ : Target
Reference Peer Group: West port said
Frequency : 6

Number of decimals : 3 □

	Throughput-Cargo	Throughput-Container	warehouse areas	Berths length
Slacks	0	0	0	0
Weights	0	0.2	0	0
Values	30	5	243253	4452
Targets	30	5	243253	4452

Conclusions

The research had explained the radial - output oriented (DEA-CCR) for measuring the relative efficiency of the new Suez Canal ports project. The selection of the input and output variables are based on the variable having close relationship with the efficiency of ports were considered. The input variables have been selected for this study is terminal area, storage, length of berths and output variables are considered in this study is containers and Cargos throughput. Based on the analysis results, in the first case (the recent achieved efficiency) the highest efficiency from the East Port said, the Adabia and the Sokhna ports had achieved, so efficiency curves for these ports takes as frontier curves for the other ports, and thus for the recent time the other ports must be increased its throughput.

In the second case (the future planned of the six ports), only the West port said port is the efficient one, and will be the frontier of the others. This is clear as the other five ports had a big input resources in the future than it, then it must be increased the throughput of these five ports to be efficient ones too. The data for use in the analysis are cross section data. The sources of potential inefficiencies are identified and analyzed. The proposals for future planning in ports and proposals for better use of capacities in ports are made on the basis of estimated efficiencies.

The last target of our research is the Mediterranean Egypt ports (Alexandria, Eldekhela and Dammiate ports), there was not any efficiency analysis research had done on it until now, so no any frontier port is determined for this group.

References

- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Barros C. P. and Athanassiu M. (2004). Efficiency in European seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. [in:] Maritime Economics & Logistics, Vol. 6, No. 2, pp. 122–140.
- European Sea Ports Organization (2011). A Step Closer to Port Performance Measurement – ESPO Launches PPRISM Pilot. Retrieved from: <http://pprism.espo.be/ProjectOverview.aspx>. Accessed 15 August 2011.
- Rios L. R. (2006). Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosur using DEA. [in:] Maritime Economics & Logistics, Vol. 8, No. 4, p. 33346.
- Roll Y. and Hayuth, Y. (1993). Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA), *Maritime Policy and Management*, 20(2), 153-161.
- Yun, L., Ji, C., Li, Q. and Li, D. (2011). Comprehensive efficiency measurement of port logistics study based on DEA two-stage relative evaluation, *Journal of System and Management Sciences*, 1(4), 1-18. 177 22-27 July, Seoul, South Korea.

Prototype de reconnaissances des ouvrages côtiers

Lainé, Pierre¹, Bosc, Christelle¹

Mot-clés: littoral, trait-de-côte, ouvrages côtiers, semi-automatique

Introduction

Dans le cadre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte, le Cerema a été sollicité par le Ministère de la Transition écologie et solidaire (MTES) pour réaliser le premier indicateur national de l'érosion côtière. Celui-ci repose sur une digitalisation par photo-interprétation de 2 orthophotographies, la plus ancienne et la plus récente disponibles, sur l'ensemble des côtes métropolitaines et des départements d'outre-mer. Les moyens mobilisés sont très conséquents à l'échelle nationale et posent la question de la complétude de l'indicateur national par d'autres dates passées et son actualisation future. Pour cela, une extraction automatique couplée à la capacité de revisite des satellites permettrait un suivi régulier et fréquent du trait de côte à la fois sur la partie naturelle dite « trait de côte naturel » et sur la partie artificielle dite « ouvrages ». Dans ce contexte, le Cerema s'est attaché à développer une méthodologie de détection d'ouvrages en mer semi-automatisée. La connaissance des ouvrages de protection est aujourd'hui partielle ou hétérogène sur le littoral français. Ainsi, une observation à partir d'images satellites de manière automatique permettrait un recensement actualisé de ces ouvrages.

Données et méthodes

La méthodologie de détection des ouvrages côtiers est constituée de la fusion de deux méthodes, la 1ere méthode dite « contraste » et la seconde dite « dilatation/rétraction ».

La 1ere méthode repose sur le calcul préalable d'un indice radiométrique de type NDVI/NDWI2 et l'application d'un « filtre de Sobel » permettant de faire ressortir les contours des objets présents sur l'image par détection de contraste entre la radiométrie de l'eau et celle de l'ouvrage. Le filtre de Sobel calcule le gradient de l'intensité de chaque pixel. Ceci indique la direction de la plus forte variation entre les pixels clairs et les pixels sombres, ainsi que le taux de variation dans cette direction. Les points de changement d'intensité de luminosité correspondent probablement à des bords.

La variation entre les pixels d'eau et les pixels entourant les ouvrages en mer étant très forte, il est possible de déterminer un seuil minimal caractérisant les contours de ces ouvrages. Les pixels obtenus après seuillage sont ensuite vectorisés par une segmentation. Un post-traitement permet enfin de nettoyer les segments en dehors de la zone des ouvrages.

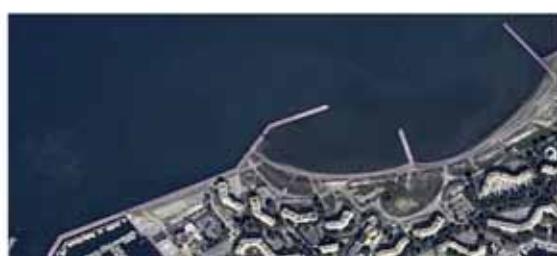
La seconde méthode dite « dilatation / rétraction » nécessite de disposer au préalable d'un trait de côte au format vecteur qui contourne les ouvrages recherchés (Histolitt ou limite d'immersion). Il s'agit ensuite d'appliquer un tampon (dilatation) de l'ordre de +10 m suivi d'un tampon (rétraction) de -11 ou -12 m pour faire ressortir tous les ouvrages ayant au moins deux bords en contact avec la mer et ayant une largeur inférieure à 20 m, ce qui est le cas de la majorité des ouvrages transversaux au trait de côte (épis, jetées portuaires, etc.).



Figure 1. Méthodologie pour extraire les « ouvrages » du trait de côte (en particulier, ceux en contact avec la mer), à partir d'images satellites à très haute résolution spatiale. La mise en œuvre de cette méthode sur des sites tests a permis d'évaluer sa transférabilité géographique ainsi que le déploiement sur un grand linéaire côtier

¹Cerema Sud-Ouest, 01, Avenue Colonel Roche – 31400 Toulouse
E-mail: pierre.laine@cerema.fr

Trait de côte
polylinéaire ou
format
vecteur



Application
d'un tampon
de +10m



*Application d'un tampon de -11/12m
Suppression du Tdc le long des plages et création de polygones
pour les ouvrages ayant 2 bords en contact avec la mer*

Figure 2. Méthodologie dite « dilatation / rétraction »

Figure 2. Méthodologie dite « dilatation / rétraction »

La « fusion » des méthodes permet de proposer deux étapes supplémentaires. La première est de fusionner les deux résultats obtenus précédemment et la seconde, d'appliquer une dilatation/rétraction des ouvrages détectés de même valeur (+10/-10 ou +12/-12) afin d'unifier les résultats. Cette seconde étape permet d'obtenir un meilleur rendu final.

Résultats

Notre zone d'étude située sur la Méditerranée comporte 488 ouvrages dont le Tableau 1 reprend leurs types, leurs nombres associés par type. Les identifiants des ouvrages sont issus du trait de côte national photo-interprété et ils ont été repris dans notre méthode.

La majorité des ouvrages sont de type « Épis » (58 %), suivi des « Jetée portuaire » (18,6 %), puis les ouvrages de type « brise-lames » (14,75 %). Ces 3 types d'ouvrages représentent près de 90 % des ouvrages présents sur la zone littorale étudiée. D'autres ouvrages sont présents, moins nombreux.

Les quais à l'intérieur des ports n'ont pas été recensés. Nous travaillons, ici, sur la détection des ouvrages en mer uniquement. Le tableau 1 reprend également par type d'ouvrage le pourcentage des détections. Globalement ce sont plus de 80 % des ouvrages qui sont détectés de manière semi-automatique sur un linéaire littoral de grande échelle.

Tableau 1. Liste des ouvrages étudiés

Numéro	Type	Nombre d'ouvrages	Méthode « dilatation / rétraction » + suppression =	
			% Ouvrages détectés	% Ouvrages non détectés
2	Mur	2	0	2
3	Périt	19	0	19
6	Brise-lames	73	66	6
8	Port	284	282	22
7	Protection individuelle	31	0	31
9	Jetée portuaire	91	86	5
9	Quai	2	0	2
11	Accès, chemin	4	0	4
12	Bâtiement	1	0	1
13	Aménagement hydraulique	1	0	1
		488	394	94

Numéro	Type	% d'ouvrages du type	Méthode « dilatation / rétraction » + suppression =	
			% Ouvrages détectés	% Ouvrages non détectés
2	Mur	0,41	0	100
3	Périt	3,69	0	100
6	Brise-lames	14,75	91,47	8,53
8	Port	58,25	82,25	17,75
7	Protection individuelle	3,26	0	100
9	Jetée portuaire	18,65	72,53	27,47
9	Quai	0,41	0	100
11	Accès, chemin	0,82	0	100
12	Bâtiement	0,20	0	100
13	Aménagement hydraulique	0,20	0	100
		100,00	80,74	19,26

Figure 3. Extrait de la zone d'étude au Grau-du-Roi et le résultat final de détection des ouvrages côtiers.



Conclusion

Les résultats de cette méthodologie fonctionnent bien avec les ouvrages de type « épis », « brises-lames » et « jetée portuaire ». **A contrario, les résultats obtenus sur les ouvrages de type « murs » et « perrés » sont moins bons. La raison est que le contraste n'est pas suffisamment marqué du fait de leurs implantations, longitudinales à la plage.**

La présence de houle est une source de confusion, il est préférable d'obtenir des images satellites THRS par temps calme. L'une des solutions pour pallier ce phénomène est de traiter de plus petites surfaces, ce qui permet d'être plus fin dans les obtentions de seuil mais cela reste difficile à mettre en place sur des linéaires littoraux importants.

Références

- Nasser, G., 2011. Méthodologie de traitements d'images en réponses à des besoins thématiques exprimés par des acteurs de la thématique Mer et Littoral, Rapport de stage CNES, 37 p.
- Roche A., Revel J., Trmal C., Octobre 2012, Levé du trait de côte à partir de photographies aériennes orthorectifiées, Proposition d'une méthodologie nationale, CETMEF, 29 p.
- Bosc, C., Raviola, M., Laine, P., 2014. État de l'art de l'utilisation des technologies satellitaires pour la cartographie du trait de côte et de la bathymétrie. Rapport Cerema, 2014, 64p.
- Rucquois S., Bosc C., 2015. Évaluation de l'apport des technologies spatiales pour la gestion des risques d'inondations - Volet II : Apport de l'imagerie satellitaire en situation post-crise. Rapport Cerema DTSO 01-31-023-2012/01-023.1, 77 p.
- Bosc, C., 2016. Exploitation d'images satellites pour l'observation du littoral. Volet III : Extraction du jet de rive à partir d'images satellites, Rapport CEREMA-DTERSO-14-329-FR, 24p.
- Laine, P., Bosc, C., 2017 Exploitation d'images satellites pour l'observation du littoral. Volet IV : Prototype de reconnaissances des ouvrages côtiers, Rapport CEREMA-DTERSO-16-225-FR, 57p.

L'indécision du législateur et du juge français dans la détermination des limites du rivage de la mer dans le domaine public maritime terrestre

Szlovik, Maëva

Mot-clés : rivage, trait de côte, interprétation, législateur, juge

L'appréhension juridique du trait de côte sur le territoire métropolitain français

Introduction

« Les souvenirs sont façonnés par l'oubli comme les contours du rivage sur la mer ».

Marc Augé

Alors que le droit international maritime détermine côté mer, les limites du domaine public maritime, côté terre française, la question reste dans l'imprécision juridique. La côte est un domaine éphémère qui subit les aléas de mer nature et de sa progression sur le territoire terrestre. En effet, 26km² de territoire ont disparu depuis cinquante ans sur le littoral métropolitain.



Le littoral français est composé d'une multitude de rivages. On distingue principalement les rivages à côtes rocheuses des rivages à côtes meubles. La notion de « trait de côte » diffère selon les organismes et l'usage qui en est fait. En effet, le trait de côte est l'endroit où s'arrêtent les plus hautes eaux (hors des conditions exceptionnelles). C'est un lieu où se mélangent et s'affrontent les éléments (Guide de gestion du trait de côte, 2008). Plus précisément, selon le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), le trait de côte correspond à « la laisse des plus hautes mers dans le cas d'une marée astronomique de coefficient 120 et des conditions météorologiques normales (pas de vent du large,

pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer) » (SHOM 2014-b). Cette ligne de rivage est donc une limite mobile entre la mer et la terre sur laquelle il faut intégrer de nombreux paramètres. Cette mobilité de la côte s'explique à la fois par l'érosion surtout en hiver et par l'accrétion en été.

Données et méthodes

Face au recul d'une partie des côtes françaises, phénomène grandissant impacté à la fois par les changements climatiques, par la montée du niveau des mers et par l'occupation humaine (notamment par des infrastructures qui modifient profondément le déplacement des sédiments et, par conséquent, le trait de côte), le législateur français rencontre de nombreuses difficultés à appréhender juridiquement cette mobilité (partie 1). Cette difficulté a des répercussions dans la pratique notamment pour le juge administratif (partie 2).

Résultats et discussion

Les carences et approximations du législateur français



La Loi littoral du 3 janvier 1986 a dès l'origine, dessiné les contours de la politique d'aménagement, de protection et de mise en valeur du littoral et a pris en compte l'existence de certains phénomènes en ce qui concerne la gestion du trait de côte (Février J.M., 2012). L'article L2111-4 du code général de la propriété des personnes publiques relatif aux lais et relais de la mer, indique dans son premier alinéa que le domaine public maritime naturel comprend « le sol et le sous-sol de la mer entre la limite extérieure de la mer territoriale et, côté terre, le rivage de la mer. Le rivage de la mer est constitué « par tout ce qu'elle couvre et découvre jusqu'où

les hautes mers peuvent s'étendre en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles ». Cette définition matérielle est clairement imprécise. Ce flou définitionnel oblige le juge français à de l'interprétation. En effet, deux questions pratiques peuvent se poser : 1/que faut-il entendre par « tout ce qu'elle couvre et découvre » ? c'est un critère très fluctuant ; 2/alors que le nombre de tempêtes hivernales augmentent chaque année sur le littoral, que faut-il entendre par « perturbations météorologiques exceptionnelles »? L'article L2111-5 du même code reste également très imprécis puisqu'il précise que « les limites du rivage sont constatées par l'État en fonction des observations opérées sur les lieux à délimiter ou des informations fournies par des procédés scientifiques (...). L'acte administratif portant délimitation du rivage est publié et notifié aux riverains. Les revendications de propriété sur les portions de rivage ainsi délimitées se prescrivent par dix ans à dater de la publication. Le recours contentieux à l'encontre de l'acte de délimitation suspend ce délai. Or des études montrent que le trait de côte recule en moyenne par an de 2,5m en Gironde, de 1,7m dans les Landes et de 0,25 dans le Pays-Basque sur la côte rocheuse mais il peut reculer à plus de 20m par an en période de grandes tempêtes. En effet, à titre d'exemple, le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) et l'ONF (l'Office national des forêts) ont constaté qu'en 2014, les tempêtes hivernales ont fait reculer le trait de côte en Aquitaine de 20m, atteignant même par endroit 30 à 40m (notamment sur Soulac au Nord de la Gironde) (Rapport final, BRGM/RP-63797-FR, 2014). De plus, les études démontrent de manière inquiétante que le recul du trait de côte est annoncé à 20 m pour l'horizon 2025 et 50 m pour l'horizon 2050 sur côte sableuse et de 10m pour 2025 et 27m pour 2050 sur côte rocheuse (sans prise en compte de la submersion marine) (Rapport final de l'Observatoire Côte Aquitaine, 2016). Par conséquent, il est essentiel que le législateur réagisse et comble ces imprécisions législatives car elles posent de nombreuses difficultés pratiques.

En 2009, le Grenelle de la mer a clairement affirmé que la gestion du trait de côte doit être intégrée (engagement 74 f. du Grenelle recommande « de développer une méthodologie et une stratégie nationale pour la gestion du trait de côte, pour le recul stratégique et la défense contre la mer »). Cette gestion est passée par la mise en place en 2012, d'une stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. En 2013, une circulaire du 11 février de l'ancien Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie a demandé aux « DREAL de décliner la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte notamment en mettant en place un suivi de l'évolution du trait et en définissant une stratégie régionale de gestion du trait de côte partagée avec les collectivités territoriales, en associant les DIRM » (Circulaire NOR : DEVL1302354C, 2013). Deux ans plus tard, un Comité national a été créé afin de faciliter la mise en œuvre de l'élaboration et de la prise en compte du trait de côte et de formuler des propositions pour renforcer les actions engagées. Enfin, un programme d'actions 2017-2019 sur l'initiative de l'ancienne Ministre chargée de l'environnement, Ségolène Royal et de l'ancien Secrétaire d'État chargé des transports, de la mer et de la pêche, Alain Vidalies, a été mis en place afin de développer les outils nécessaires pour l'élaborer et réaliser des stratégies territoriales afin de garantir une bonne gestion du trait de côte. Les objectifs de ce deuxième programme vont consister en la poursuite des actions

déployées dans le programme précédent, l'intégration des enjeux liés au recul du trait de côte dans toutes les politiques publiques, le développement d'une vision évolutive et non fixiste de l'interface terre-mer, l'élaboration d'une logique pluridisciplinaire et enfin développer une réflexion des mesures de financement nécessaires à la mise en œuvre du trait de côte. Ce programme d'actions s'inscrit dans la continuité du premier programme d'actions 2012-2015 qui avait été réalisé afin d'élaborer une cartographie de l'indicateur national de l'érosion côtière, une synthèse des connaissances et des données produites sur l'évolution du trait de côte, une structuration d'un réseau national des observatoires du trait de côte. Il a également permis l'élaboration d'une caractérisation de l'aléa du recul du trait de côte notamment l'érosion des dunes et de l'aléa « mouvement de terrain » et ainsi que l'élaboration de documents de planification en matière de prévention des risques et d'aménagement du territoire en y intégrant la gestion du trait de côte.



Le législateur semble rechercher à prendre en compte juridiquement la mobilité du trait de côte. En effet, il se penche depuis quelque temps sur la question. Ce début de réflexion a notamment abouti sur l'article L321-13 du code de l'environnement créé par la [Loi n°2016-1087 du 8 août 2016 \(en son article 112\)](#) qui indique qu' « afin d'anticiper l'évolution du trait de côte et de prendre en compte les phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion et l'accrétion littorale dans les politiques publiques, l'État établit une cartographie fondée sur un indicateur national d'érosion littorale. Cependant actuellement, les carences et approximations des textes français, oblige le juge national à préciser sa jurisprudence.

L'activité prétorienne d'interprétation du juge français comme une des conséquences

La législation permet à un propriétaire riverain de contester devant la juridiction compétente les actes de délimitation du domaine public maritime naturel ainsi que les actes pris sur le fondement de l'appartenance de terrains au domaine public maritime naturel et une action en revendication de propriété lui est ouverte dans un délai de dix ans suivant un acte de délimitation (rappel effectué notamment par le Conseil Constitutionnel dans sa décision du 24 mai 2013). En restant évasif pour déterminer les limites du rivage de la mer, le législateur s'en remet au juge en lui laissant une large marge d'appréciation et d'interprétation. En effet,

la seule condition effective précisée par le législateur intervient dans le fait que la limite entre le domaine public maritime et les propriétés privées doit se fonder sur un critère physique objectif indépendant de la volonté de la puissance publique. Cette approche est critique puisque cette imprécision pousse à saisir le juge au lieu de rester dans la négociation. Dans un arrêt récent du 22 septembre 2017 (Arrêt CE n°400825), le Conseil d'État démontre une nouvelle fois que c'est au juge de déterminer les limites du rivage dans le domaine public maritime. La loi a fait d'une entité géographique un objet juridique difficile à appliquer la pratique (Martin G., 2016). La méthode sélective adaptée par le juge va le pousser à des appréciations à un instant donné et à des données géographiques fluctuantes et variables. En effet, la difficulté pour déterminer les limites du rivage dans la pratique est telle que le juge français a mis en place des méthodes d'appréciation à travers des données temporelles (à un instant donné) et géographique. Pour reprendre l'expression de Charles Eisenmann « en interprétant, le juge crée » (Eisenmann Ch., 1983). Cependant, ces méthodes peuvent pousser le juge à se risquer à des interprétations parfois farfelues. En effet, la délimitation juridique du rivage est établie selon un critère dit physique objectif et naturel. À titre d'exemple dans un arrêt du 20 mai 2011 (Arrêt CE n°328338), le Conseil d'État a estimé que les limites du domaine maritime correspondent au point où les plus hautes mers peuvent s'étendre dans des conditions météorologiques non exceptionnelles. Selon lui, l'appréciation des limites du domaine public maritime peuvent s'apprécier à partir du constat de la proximité immédiate du rivage de la mer et par la présence d'un important dépôt de plantes aquatiques. Dans cette affaire, le juge s'est appuyé sur le dépôt important de plantes aquatiques comme critères matériels pour apprécier la limite terrestre du domaine public maritime. Ce critère d'appréciation peut être critiquable et aboutir à des absences d'homogénéité jurisprudentielle. Par conséquent, ces interprétations casuistiques peuvent créer une instabilité et un flou juridiques notamment pour le riverain du rivage propriétaire de terrain qui aux vues de la progression du rivage de la mer retrouvera son terrain incorporé au domaine public maritime et ne sera pas si avant d'arriver devant le juge, il conservera son titre de propriété sur son terrain à proximité du rivage.

Conclusions

Le littoral est un géosystème dynamique qui sous-entend qu'il possède un trait de côte naturellement mobile. Il est donc important qu'aujourd'hui, le législateur français n'agisse plus au cas par cas et dans l'urgence mais en s'obligeant à se projeter dans le futur en prenant en compte et en traduisant juridiquement les données concernant la mobilité du trait de côte et de l'ensemble des aléas naturels avancées par les spécialistes. En effet, cela éviterait d'une part, de créer un flou juridique pour les personnes privées mais également pour les personnes publiques, surtout pour les collectivités locales et d'autre part, de créer un risque d'insécurité juridique du fait d'interprétations jurisprudentielles diverses et variées. Des propositions de loi portant adaptation des territoires littoraux au changement climatique (une portée notamment par Got Pascale, une autre portée par Vaspert Michel et la troisième par Lurton Gilles à celles-ci s'ajoute le projet en cours de Panonacle Sophie)

sont inscrites dans les travaux parlementaires. La proposition de loi qui pourrait être retenue propose des outils juridiques permettant d'anticiper la mobilité du trait de côte à travers un nouveau zonage. Le texte propose de créer des zones tampons et la mise en place de bail réel immobilier littoral (BRIL)(qui mentionnerait la déconstruction du bien à terme), d'une zone d'activité résiliente et temporaire (ZART) (la ZART intégrerait les PPRL (plans de prévention des risques naturels), les PLU (plans locaux d'urbanisme) et le SCoT (schémas de cohérence territoriale) (et elle serait éligible au fond d'adaptation) et du renforcement de la stratégie locale du trait de côte. Sur le terrain, le recul du trait de côte est difficile à anticiper juridiquement. Cependant, la proposition de loi prévoyant un nouveau zonage permettrait d'une part, au juge d'homogénéiser plus facilement ses décisions et d'autre part, servirait de point de repères pour les propriétaires riverains du rivage mais également pour les professionnels concernés et pour les personnes publiques.

Références

- Eisenmann Ch., 1983, Cours de droit administratif, t.II, II, Les actes juridiques en droit administratif (cours de 1956-1957), Paris, France, LGDJ, p.330
- Février J.M, 2012, La protection du littoral contre les phénomènes naturels, Revue juridique de l'environnement, 2012/5, Paris, France, pp.149-154
- Martin G., 2016, « Loi littoral » : lorsque le législateur faisait de la géographie, La Gazette des communes, Actualité juridique, Tribune du 07/01/2016.
- Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, 2008, Guide de gestion du trait de côte, Paris, France, QUAE, Savoir faire, 270 p.
- Observatoire de la Côte Aquitaine, 2014, Rapport final, BRGM/RP-63797-FR, Évaluation de l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la morphologie de la Côte Aquitaine, France, BRGM, 182 p.
- Oberservatoire de la Côte Aquitaine, 2016, Rapport final, BRGM/RP-66277-FR, Caractérisation du recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2015-2050, pp.3-4
- SHOM (2014-b), 2014, Descriptif technique du trait de côte HistoLitt, relevé sur le site Internet du Service Hydrographique de la Marine <http://www.shom.fr/>
- Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral,
- Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, JORF n°0179 du 5 août 2009 p.13031
- Décret n° 2012-219 du 16 février 2012 relatif à la stratégie nationale pour la mer et le littoral et aux documents stratégiques de façade, JORF n°0041 du 17 février 2012 p.2781
- Circulaire NOR : DEV1302354C, 11 février 2013, non publiée au JO
- Arrêt CE du 20 mai 2011, n°328338, mentionné dans les tables du recueil Lebon
- Arrêt CE du 22 septembre 2017, n°400825, mentionné dans les tables du recueil Lebon
- Décision du CC du 24 mai 2013, n° 2013-316 QPC, SCI Pascal et al. [limitation du domaine public maritime naturel]

Remerciements

L'auteure tient à remercier en particulier, Monsieur Laurent Theillet pour l'utilisation de ses photographies et Madame Adeline Dupont.

MATER Museoa: un museo ecoactivo

Suberbiola, Izaskun¹

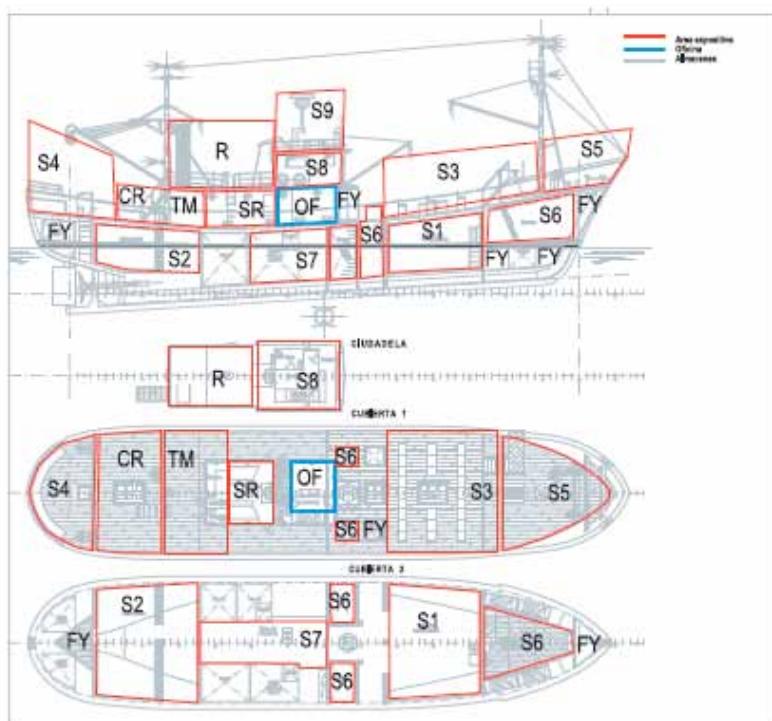
Palabras clave: Ecomuseo, reconversión del patrimonio, sensibilización, participación, economía azul

Introducción

El barco-museo MATER (Figura 1) es uno de los proyectos pioneros en la puesta en valor del patrimonio marítimo vasco que destaca por su originalidad.

MATER Museoa es un proyecto concebido, diseñado y desarrollado por la asociación Itsas Gela- Aula del Mar, una entidad sin ánimo de lucro fundada en 2001 en Pasaia, Gipuzkoa, por un grupo de promotores locales, profesionales del mar, marinos, oceanógrafos, gestores culturales y aficionados al mundo marítimo, con el fin de contribuir a la preservación del patrimonio y la difusión de la cultura marítima vasca.

En 2003 la asociación salvó del desguace y hundimiento al buque pesquero MATER, uno de los últimos atuneros clásicos del Cantábrico construido en madera de elondo. Su base original fue el puerto pesquero de Getaria donde faenó en la pesca de bonito, anchoa y otras especies durante más de 10 años, hasta que con la modernización de la flota sus armadores decidieron sustituirlo por uno de acero, el Mater Bi, que actualmente sigue faenando en Getaria.



¹MATER Museoa-Asociación Itsas Gela- Aula del Mar
E-mail: isuberbiola@matermuseoa.com



Figura 1. Barco-museo MATER.

Materiales y métodos

La asociación Itsas Gela rescató el barco y abordó su reconversión en un museo flotante para preservar la memoria histórica del patrimonio material e inmaterial heredado de las generaciones ancestrales de los pescadores vascos, en peligro por

MATER Museoa

Carácter	Museo flotante
Propiedad	Asociación Itsas Gela
Puerto base	Pasaia (San Pedro)
Teléfono	619814225
Correo elec.	info@matermuseoa.com
Web	www.matermuseoa.com
Redes	@matermuseoa #matermuseoa
Características	Auténtico buque pesquero de madera reconvertido en museo
Eslora	33 m
Manga	7,31 m
Puntal	3,84 m
Distribución	Sala 1 Multiusos Sala 2 Interactivos Sala 3 Auditorium Sala 4 Club Sala 5 Avistamientos Sala 6 Exposición permanente Sala 7 Máquinas Sala 8 Puente Sala 9 Observatorio SR Sala Reuniones R Recepción CR Cafetería- Restaurante TM Tienda Museo OF Oficina FY Foyer-Almacén

Figura 2. Principales características y distribución de espacios en el barco-museo MATER.

una industrialización desbocada de la explotación marina, y ponerla en un nuevo valor asociado a los conceptos de sostenibilidad y nuevas economías del siglo XXI.

La singularidad del barco-museo MATER estriba en su conjunción de museo y barco. Efectivamente, MATER Museoa es un museo “que adquiere, conserva, investiga, comunica y exhibe, para fines de estudio, educación y deleite, testimonios materiales del hombre y su entorno” (ICOM, art. 3), pero a su vez es un barco que navega con todos los requerimientos por la Ley de Navegación Marítima, ya que está clasificado como buque e inscrito en la lista 1^a de la Marina Mercante para operar con carga y pasajeros en la zona 2 de navegación en alta mar hasta 25 millas náuticas.

La conjunción de ambas facultades, buque y museo, es la que confiere una mayor singularidad a este museo, puesto que, aunque existen numerosos museos marítimos que exhiben buques y embarcaciones, e incluso barcos musealizados, ninguno en un perímetro de al menos 400 km, es a un tiempo un museo que navega en un buque.

Por su parte, nos basamos en la idea de que “los museos no son entes estáticos e inamovibles, y sus funciones son cambiantes” (Alexander, 1979). Nina Simone se pregunta, “¿Cómo pueden las instituciones culturales utilizar técnicas participativas no sólo para dar a los visitantes una voz, sino para desarrollar experiencias que sean más valiosas y atractivas para todos?” (Simone, 2010) Asimismo, considera que ésta, es una cuestión de diseño. La autora señala que la principal diferencia entre las técnicas del diseño tradicional y las del participativo es la manera en la que fluye la información entre la institución y los usuarios. En las

exposiciones y programas tradicionales, la institución provee contenidos para el consumo de los visitantes. En cambio, en los proyectos participativos, la institución promueve experiencias de creación de contenidos multidireccionales. Los museos sirven como una “plataforma” que conecta diferentes usuarios que actúan como creadores, distribuidores, consumidores, críticos, y colaboradores.

Resultados y discusión

Hoy, el barco-museo MATER es un original museo flotante dedicado a la difusión de la vida a bordo de los pescadores vascos y a la importancia de la sensibilización acerca de la preservación del medio marino. Este singular museo tiene su base en la bahía de Pasaia, donde, además de desarrollar un amplio programa de actividades que hacen del MATER Museoa un auténtico patrimonio marítimo vivo, representa un instrumento único al servicio de la ciudadanía para concienciar sobre los impactos de nuestra forma de producir y consumir en el medio ambiente.

Según una mayoría de científicos, 15.000 provenientes de 184 países que firmaron la Advertencia a la Humanidad (Ripple et al. 2017), el planeta está en grave peligro. Entre los muchos males que le afectan destacan aquellos relacionados con la principal fuente de vida: la mar. Los vertidos incontrolados de incontables toneladas de basuras al mar durante las últimas décadas han sembrado de muerte prácticamente las aguas de todos los océanos, reduciendo las pesquerías en un 75% y aumentando el nivel de plástico en los ecosistemas marinos por encima del propio plancton, base



Figura 3. Actividades de Ecomuseo en el barco-museo MATER.



Figura 4. Ecoactividades en el barco-museo MATER.



Figura 5. Actividades de Ecofish en el barco-museo MATER.

primordial de la cadena trófica marítima que finaliza en los estómagos humanos.

El barco-museo MATER ha reconvertido su patrimonio marítimo para actuar frente a este reto planetario desarrollando tres líneas de acción:

ECOMUSEO: acciones de sensibilización social, preservación y puesta en un nuevo valor del patrimonio marítimo con más de 10.000 visitas anuales: talleres, rutas guiadas, salidas a la mar, estancias a bordo... (Figura 3).

ECOACTIVIDADES: acciones de conocimiento, ciencia ciudadana y limpieza de mares y costas compartidas con más de 100 voluntarios: itinerarios medioambientales costeros y submarinos, tertulias marineras... (Figura 4).

ECOFISH: pesca de basuras marinas para su reciclaje y reutilización con la activación de un proceso de empoderamiento de personas y colectivos entorno a la preservación y mejora del medio ambiente marino: nuevas actividades eco-marítimas, refuerzo de la cohesión social entorno al medio ambiente marítimo y mejora de la calidad de vida de los habitantes de la Costa Vasca (Figura 5).

Conclusiones

Estamos ante un proyecto pionero en la recuperación del patrimonio marítimo vasco y en la reutilización de los recursos pesqueros para la creación de empleo verde, en plena conexión con los principios de la Economía Azul. En resumen, nos encontramos ante:

- Un ejemplo del paradigma residuo-recurso nexo de unión de una tripulación proactiva en la solución hacia una forma de desarrollo más sostenible y comprometida.

- Un instrumento de concienciación y difusión de conocimiento que fomenta cambios de actitud y comportamiento más respetuoso con el medio ambiente.

- Un museo ecoactivo donde tod@s estamos en el mismo barco.

Referencias

Estatutos del ICOM, 1961. Documentos 67-73 Sección II.
Definición de un museo Artículo 3

Alexander, P. 1979. Museums in motion. An introduction to the history and Functions of Museums, Nashville: American Association for State and Local History.

Simone, N. 2010. The participatory museum, Santa Cruz (California): Museum 2.0

Rippel et al.. 2017. Advertencia a la humanidad de los científicos del mundo. Un segundo aviso' Oregon, (EEUU) BioScience.

Agradecimientos

A mi familia, al pueblo de Pasaia y a tod@s los que hacen posible este proyecto con su pasión y esfuerzo.

Statistical short-term wind forecast at a buoy in the Bay of Biscay

Carreno-Madinabeitia, Sheila^{1,2}, Sáenz, Jon^{2,4}, Ibarra-Berastegi, Gabriel^{3,4} and Zorita, Eduardo⁵

Palabras clave: short-term forecast, wind, statistical forecast, random forest, ERA Interim

Introduction

To forecast any meteorological variable at a local point, the global numerical weather forecast models (NWF) are often not enough. The downscaling technique is used to adapt global forecast to local scale. There are two types of techniques: the numerical downscaling and the statistical one. The first one increases the resolution based on the differential equations governing the atmosphere (García-Díez et al., 2015). The second one applies statistical methods as post-processing of global NWF. Here, statistical methods are used with the NWF wind forecast at the nearest point together with training databases (usually many meteorological variables from reanalysis over a fixed domain). Additionally, the last observations of the wind are also used, due to the fact that the interest of the study is the short-term forecast and, thus, persistence.

There are various studies on the short-term wind forecast and different methods have been applied in the literature. For example, (Maatallah et al., 2015) applied auto-regressive model, ARIMA and Artificial Neural Network (ANN) from 1 to 24h forecast. Similar as (Ghorbani et al., 2016) that used ANN, Genetic Expression Programming (GEP), Multiple Linear Regression (MLR) and Persistence. Feng et al. (2017) showed that multi-models could beat the persistence for wind hourly mean speed. Machine Learning was used in Erdem et al. (2011) for Basque airports. Wind speed direction was analysed in Rozas-Larraondo et al. (2014) where they applied ARMA models and Vector AutoRegression (VAR). And Klausner et al. (2009) worked with wind vector and Analogs for wind average. Daily wind speed gust was studied in Valero et al. (2014) which also use Analogs technique.

Data and Methodology

Hourly wind data (U and V components) at 00 UTC and 12 UTC have been obtained from two different sources. The observational data are measured in Bilbao-Bizkaia buoy which is located in the Bay of Biscay (Figure 1) in 3.052 W longitude and 43.640 N latitude. The NWF model used in this research is ERAI (Dee et. al 2011) (analysis, and forecasts to various steps) The predictors taken from ERAI are Mean sea level pressure (Msl), Zonal component of wind speed at 10 m (m/s) (U), Meridional component of wind speed at 10 m (V), and Temperature at 2 m (t2). The selected domain for reanalysis data (Figure 2) covers latitude from 49.50 N to 36 S and longitude 12 W to 7.5 E, and the grid's resolution is 0.75°x0.75°. The U and V wind component forecasts at steps 03h, 06h, 09h, ..., 24h in the nearest grid point from the model at 3° W latitude and 43.5° N longitude (Figure 1) have been used.

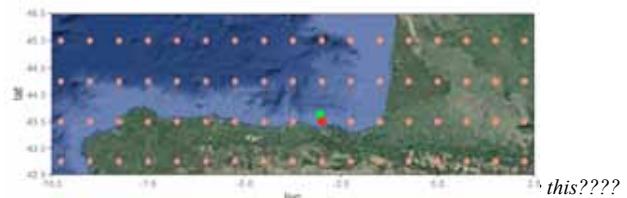


Figure 1. Bilbao-Bizkaia buoy (red) and the nearest grid point from ERAI (green).

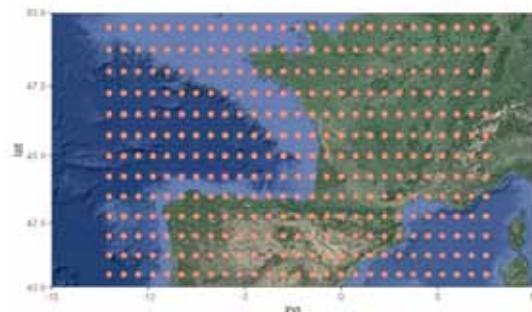


Figure 2. ERAI domain used for reanalysis data.

The data cover the period from 2007 to 2014, the 50% of the data is used for training and the other half to obtain the forecast. From this forecast, the verification indices Determination

¹Meteorology Area, Energy and Environment Division, TECNALIA, Basque Country, Spain

²Faculty of Science and Technology, University of the Basque Country, UPV/EHU, Leioa, Spain

³School of Engineering, University of the Basque Country, UPV/EHU, Bilbao, Spain

⁴Joint Research Unit. Spanish Institute of Oceanography -University of the Basque Country. Plentzia Itsas Estazioa. University of the Basque Country, UPV/EHU

⁵Helmholtz-Zentrum-Geesthacht, Geesthacht, Germany
E-mail contact: Sheila.Carreno@Tecnalia.com

Coefficient (Sqr) and Root Mean Squared Error (RMSE) are calculated to compare the results.

First, Extended Principal Component Analysis (ExtEOFs) (Weare, 1982), are calculated with reanalysis data and observed data during the previous day. The ExtEOFs are truncated at the 26th, so that they explain the 90% of the total variance. Then, the forecast to each horizon is done by means of bootstrap algorithm 1000 times, thus, allowing to calculate the 95% confidence interval. The methods for forecasting used and compared in this study are the following ones: persistence, Lineal Regression (LR) (Weisberg, 2005), Random Forest (RF) (Breiman, 2001; Hastie et al., 2001), Analogs with Euclidean norm (AN_EU) and Analogs with Maximum Cosine metric (AN_CO) (Zorita et al., 1999).

Results

During the initial hours, the persistence and the RF are better than the ERAI results. Afterwards, from the fourth hour onwards, ERAI and RF are better than the persistence. We can see in these graphs how the ERAI forecast helps the RF results. RF is worse than ERAI when this information is not added to the model. So we decided to join the ERAI information to all the steps. This way, the RF forecast is done with extEOF, the last observation, and ERAI forecast in all steps. Appending the ERAI information to all the steps improves the RF results and overall this forecast is better. In addition to the RF method, other methods like Lineal Regression and Analogs have also been applied (Figure 4). One can conclude that the differences between the statistical models are not statistically significant on the basis of our bootstrap analysis.

Discussion and Conclusions

The best model for wind forecast during the first three hours is persistence. This was an expected result, because the same wind regime is usually maintained for several hours. Within the interval [04h, 24h] the statistical models are better than persistence and ERAI when the information of ERAI is used in them.

There is not any significant discrepancy in statistical models. RF and LR, which are more sophisticated, work just a little bit better than the Analogs techniques.

The main conclusion in this work is that using statistical methods with appropriate predictors makes it possible to beat the persistence and ERAI models from four to 24 hours. The differences between statistical methods are due to the accuracy of the predictors and the location, instead of the complexity of the method.

Further work is needed to analyse the behaviour of the wind forecast in other locations, that are not located over the sea. It is also possible to apply other statistical methods.

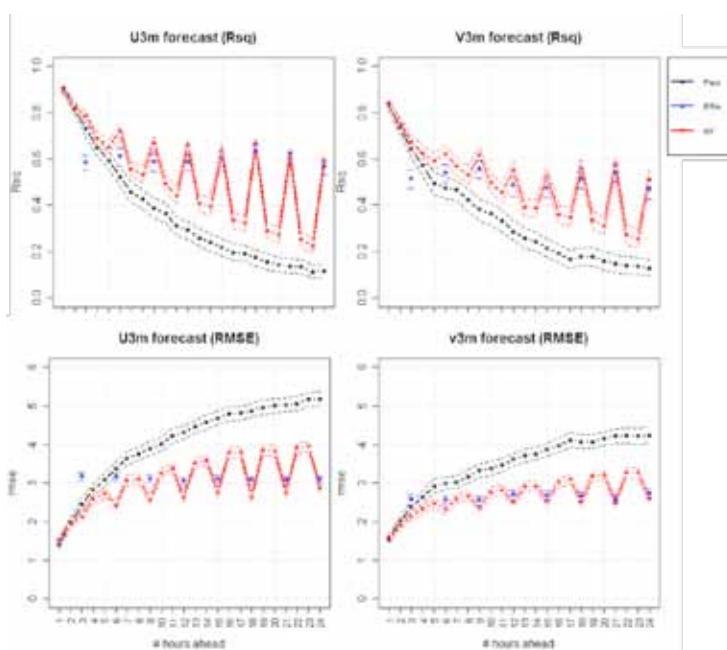


Figure 3. Persistence, ERAI and RF (with ERAI predictors at 03h, 06h, ..., 24h) forecast for the next 24 hours of wind U, V components at Bilbao-Bizkaia buoy.

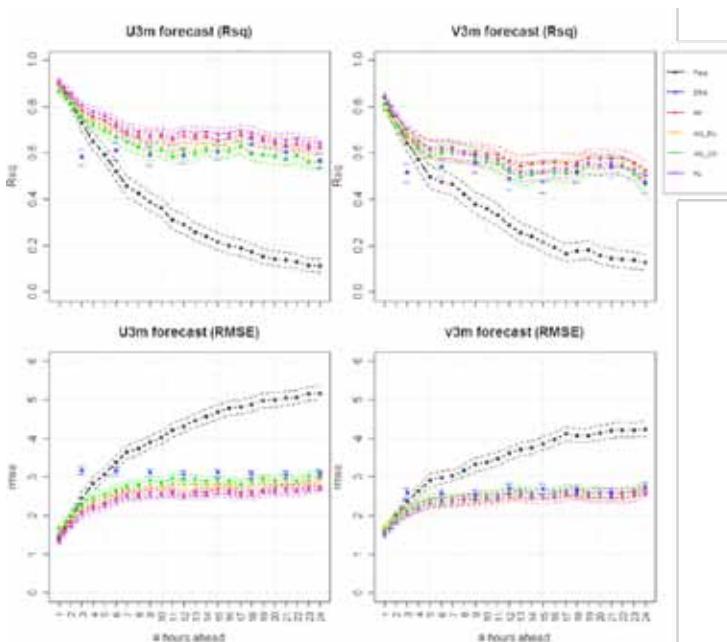


Figure 4. Persistence, ERAI, RF, RL, AN_EU, and AN_CO forecasts for the next 24 hours of wind U, V components at Bilbao Bizkaia buoy.

References

- Breiman, Leo. 2001. "Randomforest2001" 1–33.
- Dee, D. P. et al. 2011. "The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System." Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 137(656): 553–97.
- Erdem, E., & Shi, J. (2011). ARMA based approaches for forecasting the

- tuple of wind speed and direction. *Applied Energy*, 88(4), 1405-1414.
- Feng, C., Cui, M., Hodge, B. M., & Zhang, J. (2017). A data-driven multi-model methodology with deep feature selection for short-term wind forecasting. *Applied Energy*, 190, 1245-1257.
- García-Díez, M., Fernández, J., San-Martín, D., Herrera, S., & Gutiérrez, J. M. (2015). Assessing and improving the local added value of WRF for wind downscaling. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54(7), 1556-1568.
- Ghorbani, M. A., Khatibi, R., FazeliFard, M. H., Naghipour, L., & Makarynskyy, O. (2016). Short-term wind speed predictions with machine learning techniques. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128(1), 57-72.
- Hastie, Trevor, Robert Tibsharani, and Jerome Friedman. 2001. "Springer Series in Statistics The Elements of." *The Mathematical Intelligencer* 27(2): 83–85.
- Klausner, Z., Kaplan, H., & Fattal, E. (2009). The similar days method for predicting near surface wind vectors. *Meteorological Applications*, 16(4), 569-579.
- Maatallah, O. A., Achuthan, A., Janoyan, K., & Marzocca, P. (2015). Recursive wind speed forecasting based on Hammerstein Auto-Regressive model. *Applied Energy*, 145, 191-197.
- Rozas-Larraondo, P., Inza, I., & Lozano, J. A. (2014). A method for wind speed forecasting in airports based on nonparametric regression. *Weather and Forecasting*, 29(6), 1332-1342.
- R Core Team. 2016. "R: A Language and Environment for Statistical Computing." R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2016). <https://www.r-project.org/>.
- Valero, F., Pascual, A., & Martín, M. L. (2014). An approach for the forecasting of wind strength tailored to routine observational daily wind gust data. *Atmospheric research*, 137, 58-65.
- Weare, B. C., & Nassstrom, J. S. (1982). Examples of extended empirical orthogonal function analyses. *Monthly Weather Review*, 110(6), 481-485.
- Weisberg, S. 2005. "Applied Linear Regression." Wiley, New Jersey (2005).
- Zorita, E. and H von Storch. 1999. "The Analog Method as a Simple Statistical Downscaling Technique: comparison with More Complicated Methods." *Journal of Climate* 12: 2474–89.

Acknowledgements

This work has been funded by the Spanish Government, MINECO project CGL2016-76561-R (MINECO/EU ERDF) and RTC-2015-3795-3 project. Also by the University of the Basque Country projects GIU17/002 and PES17/23. Most of the calculations and plots have been carried out within the framework of R (R Core Team 2016).

Análisis paisajístico de la costa vasca

Iglesias, Beñat, Anfuso, Giorgio¹

Palabras clave: paisaje, costa, País Vasco, análisis, gestión

Introducción

El análisis paisajístico costero utilizado en este estudio constituye una herramienta importante para los gestores al fin de llevar a cabo la preservación, protección, y el adecuado desarrollo de la costa, ya que los resultados aportan información básica y una base científica para el desarrollo de cualquier plan (Anfuso et al., 2012). Esta herramienta se ha utilizado en numerosos países y regiones del mundo como, por ejemplo, Colombia, Cuba, Malta y Andalucía (España).

La misma metodología utilizada en los estudios mencionados, se ha aplicado en la costa del País Vasco (España). La costa vasca tiene una longitud aproximada de 250 kilómetros, de los que aproximadamente el 60% son acantilados, 11% playas y el resto marismas, desembocaduras, zonas naturales y zonas artificiales (Observatorio de la sostenibilidad, 2016). En total se contabilizan 64 playas a lo largo de la costa, 33 pertenecientes a la provincia de Bizkaia (sumando 14 kilómetros de longitud aproximadamente) y 31 a Gipuzkoa (que suman una longitud alrededor de 9.5 kilómetros) (Borja et al., 2004).

El litoral vasco está esencialmente constituido por acantilados compuestos por el *flysch*. Dicha formación, de 110 millones de años, está compuesta por un conjunto de sedimentos estratificados, caracterizados por la alternancia rítmica de materiales duros y blandos, que se forman como consecuencia de corrientes de turbidez en fondos marinos de gran profundidad (Viera, 2012).

Materiales y métodos

La metodología empleada en este análisis se desarrolló a partir de un proyecto de investigación (British Council Report, 2003) que fue posteriormente reescrito y publicado por Ergin et al. (2004). Se entrevistaron a más de 1000 usuarios de zonas de baño a los que se preguntaba cuáles eran los parámetros esenciales que hacían que una costa les pareciera atractiva y, al contrario, no atractiva. Se obtuvieron un total de 26 parámetros, de los que 18 eran físicos y 8 humanos (Tabla 1). Más adelante se realizaron más de 500 encuestas para clasificar estos parámetros en orden de importancia, obteniéndose un parámetro de ponderación por cada parámetro. Los 26 parámetros fueron clasificados a su vez en una escala del 1 al 5, desde presencia/ausencia o mala calidad (1) a excelente/expectacular (5) y se creó una checklist.

¹Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Polígono Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real, Cádiz
E-mail: b.iglesiascastillo@gmail.com

Con el objetivo de eliminar la subjetividad a la hora de evaluar el paisaje costero, se utiliza la herramienta analítica matemática *Fuzzy Logic Assessment (FLA)* que permite procesar los datos que contengan un mínimo de incertidumbre.

La evaluación final de cada paisaje se representa gráficamente mediante histogramas y el grado de afiliación de los atributos. Mediante un algoritmo donde se tiene en cuenta la subjetividad y la importancia de cada atributo se obtiene un Índice de Evaluación (D), el cual permite clasificar la evaluación del paisaje en 5 clases, desde Clase I (Playas naturales muy atractivas) a Clase V (Playas urbanas nada atractivas).

Un total de 27 playas a lo largo de la costa vasca han sido analizadas, de las que 16 pertenecen a la provincia de Bizkaia y 11 a Gipuzkoa.

Resultados y discusión

El Índice de evaluación (D) ha permitido clasificar las 27 playas estudiadas en cinco clases, desde Clase I, que incluye playas de gran valor paisajístico, hasta Clase V, que incluye playas de valor paisajístico bajo.

Clase I. Son zonas naturales muy atractivas con un valor paisajístico muy alto ($D \geq 0.85$). En este estudio, únicamente dos playas se clasificaron en esta categoría, la playa de Laga y la de Barinatxe (Figura 1). Ambas playas presentan aspectos paisajísticos relevantes y la presión antrópica es apenas apreciable o nula. La playa de Laga es una playa remota que se encuentra dentro de un área natural protegida, concretamente dentro de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. La playa de Barinatxe se encuentra cerca de un núcleo urbano pero debido a la altura de los acantilados no se ve. Se caracterizan por estar rodeadas de grandes acantilados estratificados casi verticales (Tabla 1, nº 1, 2 y 3), la presencia de promontorios rocosos (Tabla 1, nº 14) y plataformas rocosas (Tabla 1, nº 7, 8 y 9) que hacen que se incremente el valor paisajístico. Ambas playas son de arena fina y presentan dunas desarrolladas (Tabla 1, nº 4 y 10). Sin embargo, la arena de Barinatxe es más oscura (Tabla 1, nº 6) de lo normal, por lo que disminuye el valor paisajístico.

Clase II. Corresponde con áreas naturales o semi-naturales de alto valor paisajístico ($0.65 \leq D < 0.85$). Sin embargo, la presión ejercida por el hombre se aprecia más. A esta categoría pertenecen solamente tres playas, las de Gorrondatxe, Karraspio y Saturraran (Figura 1). Estas playas tienen una puntuación más baja que las de Clase I debido a la ausencia de elementos paisajísticos especiales y a un pequeño incremento en la ocupación antrópica. La presencia de acantilados (Tabla 1, nº 1) vuelve a ser muy importante incrementando el valor paisajístico. Únicamente en Gorrondatxe se observan dunas. Una característica singular de la playa de Karraspio es que en frente está la pequeña isla llamada San Nicolás, esto hace que el valor paisajístico aumente ya que la isla constituye un elemento paisajístico de interés.

Clase III. Presenta un paisaje atractivo pero, a su vez, hay evidencias de presión antrópica ($0.4 \leq D < 0.65$). En algún caso, la playa es totalmente natural, como la de Ogeia, pero por sus características físicas no es muy atractiva. Un total de ocho playas han sido clasificadas dentro de esta categoría (Figura 1). La playa de Itzurun está dentro del Biotopo Protegido Deba-Zumaia, donde se puede apreciar el *flysch*. Por otro lado, las dunas de la playa de Santiago están comprendidas dentro de la Red Natura 2000. Por último, la playa de Laida está dentro de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. La presencia de dunas (Tabla 1, nº 10) sigue siendo importante en cuatro de las ocho playas.

Clase IV. Playas con valor paisajístico pobre y con una presión antrópica importante ($0 \leq D < 0.4$). Es la categoría con más playas clasificadas con once (Figura 1). La playa de Deba se encuentra dentro del Biotopo Protegido Deba-Zumaia. A su vez, Aritzatxu está dentro de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. La playa de Hondarribia se encuentra cerca del Humedal Ramsar de Txingudi. La presencia de dunas se reduce a sólo dos playas. El problema de muchas de estas playas es el ruido (Tabla 1, nº 19), debido a su cercanía a zonas urbanas o a algún puerto cercano y al gran número de turistas que las visitan.

Clase V. Playas muy poco atractivas debido a la alta presión ejercida por el hombre ($D < 0$). En esta categoría únicamente se han clasificado tres playas, Las Arenas, Ea y Laidatzu (Figura 1). El mayor problema de estas playas es el ruido que se genera y la visión de un horizonte muy antropizado. La calidad del horizonte frente a las playas es baja debido a la presión antrópica, y además se observan utilidades como espigones y muros de defensa, tendidos eléctricos y farolas en muchas de las playas (Tabla 1, nº 26).

Tabla 1. Lista de parámetros a estudiar

Nº	Parámetros físicos	Nº	Parámetros antrópicos
1	Acantilado: altura	19	Ruido
2	Acantilado: pendiente	20	Basura
3	Acantilado: característica especial	21	Evidencia de aguas residuales
4	Playa: tipo	22	Entorno no construido
5	Playa: anchura	23	Entorno construido
6	Playa: color	24	Tipo de acceso
7	Plataforma rocosa: pendiente	25	Horizonte
8	Plataforma rocosa: extensión	26	Utilidades
9	Plataforma rocosa: rugosidad		
10	Dunas		
11	Valle		
12	Forma del horizonte		
13	Mareas		
14	Atractivos del paisaje costero		
15	Vistas		
16	Color del agua y claridad		
17	Cobertura de vegetación natural		
18	Restos de vegetación		

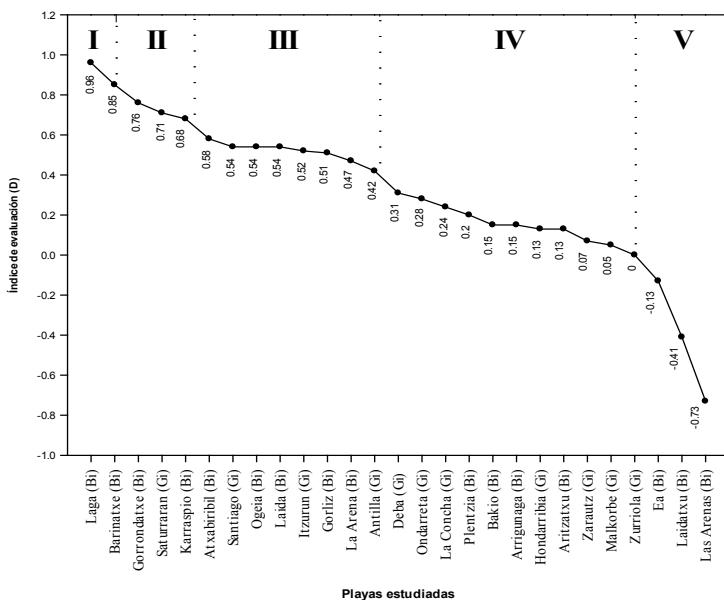


Figura 1. Clasificación de las playas estudiadas

Conclusiones

Únicamente 5 de las 27 playas estudiadas pertenecen a las Clases I y II, las más naturales, mientras que 14 - más de la mitad de las 27 playas estudiadas - pertenecen a las Clases IV y V, las más castigadas por el hombre. Las cinco playas de Clase I y II evaluadas están alejadas de núcleos urbanos y la mayoría de estas están rodeadas de grandes acantilados. El resto de playas muestran un progresivo aumento de la presión ejercida por el hombre y una pérdida de parámetros naturales.

La evaluación de los parámetros físicos y antrópicos permite identificar y caracterizar las variables que tienen que ser gestionadas de manera más eficaz para promover la mejora del valor paisajístico (Anfuso et al., 2014). Uno de los problemas que más se ha repetido en las playas analizadas ha sido el ruido presente en el ambiente, de diferente procedencia como el tráfico marítimo, coches y trenes entre otros. Puesto que en época estival la limpieza de playas se hace diariamente, no se ha observado mucha cantidad de residuos y lo poco que se ha encontrado no es debido a la ineficiencia de las técnicas de limpieza sino a la mala conducta de los usuarios.

Una medida para mejorar la calidad del paisaje podría ser la introducción de elementos naturales (vegetación o dunas, por ejemplo) que eviten la visualización de infraestructuras antrópicas. De esta manera el entorno tendría más naturalidad y se obtendría una puntuación mayor a la hora de clasificar la playa.

Referencias

- Anfuso, G., Gallego-Fernández, J.B., Micallef, A. and Williams, A.T. 2012. Andalusia, Spain: An Assessment of Coastal Scenery. *Landscape Research* 37(3):327-349.
- Anfuso, G., Cabrera Hernández, J.A., Pranzini, E. and Williams, A.T. 2014. Coastal scenic assessment and tourism management in western

- Cuba. Tourism Management 42:307-320.
- Borja, A., Solaun, O., Galparsoro, I., Tello, E.M., Muxika, I., Valencia, V., Bald, J., Franco, J. and Manzanos, A. 2004. Caracterización de las presiones e impactos en los estuarios y costa del País Vasco. Informe de la Fundación AZTI para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 322 pp.
- British Council Report. 2003. Coastal scenic assessments at selected sites in Turkey, UK and Malta. Final report. Ankara, Turkey and Valetta, Malta. British Council Office. 64 pp.
- Ergin, A., Karaesmen, E., Micallef, A. and Williams, A.T. 2004. A new methodology for evaluating coastal scenery: fuzzy logic systems. Area 36:367-386.
- Observatorio de la Sostenibilidad. 2016. Cambios de ocupación del suelo en la costa. 234 pp.
- Viera, L.I. 2012. El “flysch” negro de Mutriku: una historia de 110 millones de años. Mutriku, Spain. Nautilus, Mutrikuko Ikasgune Gelologikoa. 66 pp.

DERIO

 Astondo Bidea, Edificio 609
Parque Tecnológico de Bizkaia
48160 - Derio (Bizkaia)

SUKARRIETA

 Txatxarramendi ugartea z/g
48395 - Sukarrieta (Bizkaia)

PASAIA

 Herrera Kaia, Portualdea z/g
20110 - Pasaia (Gipuzkoa)

