

Canvi Climàtic i Turisme

Changement Climatique et Tourisme

Josep Calbó
Rosa M. Fraguell
Carolina Martí
(eds.)


Universitat
de Girona


Canvi Climàtic i Turisme
Changement Climatique et Tourisme

CANVI CLIMÀTIC I TURISME
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET TOURISME

Josep Calbó
Rosa M. Fraguell
Carolina Martí
(eds.)

Dades CIP

CIP 338.48:551.58(467.1) INT

International Summer School on the Environment (17a : 2017 : Girona, Catalunya)

Canvi climàtic i turisme = Changement climatique et tourisme / Josep Calbó, Rosa M. Fraguell, Carolina Martí (eds.). -- Girona : Universitat de Girona. Institut de Medi Ambient, octubre de 2018. -- 209 pàgines : il·lustracions, gràfics ; cm
Recull de les ponències presentades a la XVII International Summer School on Environment (ISSE), que va tenir lloc el 21 i 22 de setembre de 2017 a la Universitat de Girona (UdG) i coorganitzada per l'Institut de Medi Ambient i l'Institut Superior d'Estudis Turístics (INSETUR), sota el títol «Canvi climàtic i turisme»
ISBN 9788484585244

I. Calbó Angrill, Josep, editor literari II. Fraguell i Sansbelló, Rosa Maria, editor literari III. Martí, Carolina, editor literari IV. Universitat de Girona. Institut de Medi Ambient, entitat editora V. Universitat de Girona. Institut Superior d'Estudis Turístics, entitat editora VI. Universitat de Girona, institució d'acollida VII. Contenidor de (expressió): International Summer School on the Environment (17a : 2017 : Girona, Catalunya). Canvi climàtic i turisme. Francès 1. Canvis climàtics--Catalunya--Congressos 2. Turisme--Catalunya--Congressos

CIP 338.48:551.58(467.1) INT

ECTADAPT « CONTRIBUIR A L'ADAPTACIÓ DE L'ESPAI CATALÀ TRANSFRONTERER ALS EFECTES ESPERATS DEL CANVI CLIMÀTIC » (Codi EFA011/15 ECTAdapt)

Interreg
POCTEFA
ECTAdapt



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)

El projecte està cofinançat al 65% pel Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A Espanya-França-Andorra (POCTEFA 2014-2020). L'objectiu del POCTEFA és reforçar la integració econòmica i social de la zona transfronterera Espanya-França-Andorra. La seva ajuda es centra en el desenvolupament d'activitats econòmiques, socials i ambientals transfrontereres mitjançant estratègies conjuntes a favor del desenvolupament territorial sostenible.

Le projet a été cofinancé à hauteur de 65% par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du Programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020). L'objectif du POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de l'espace frontalier Espagne-France-Andorre. Son aide est concentrée sur le développement d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies conjointes qui favorisent le développement durable du territoire.

Interreg
POCTEFA
ECTAdapt



UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPEENNE



Diputació de Girona



INTERNATIONAL
SUMMER SCHOOL
ON THE ENVIRONMENT

Universitat de Girona
Institut de Medi Ambient

Universitat de Girona
Institut de Recerca en Turisme

Edita: Universitat de Girona
Institut de Medi Ambient

Impressió: www.palahi.cat

Dipòsit legal: GI-1456-2018

ISBN: 978 84 8458 524 4

Imprès a Catalunya

Girona, setembre de 2018

CONTINGUT

Pròleg.....	9
ROSA M. FRAGUELL, JOSEP CALBÓ, CAROLINA MARTÍ	
Projeccions climàtiques i escenaris de futur	13
JOSEP CALBÓ	
El projecte ECTAdapt: contribuir a l'adaptació de l'espai català transfronterer als efectes esperats del canvi climàtic.....	23
ANNA PIBERNAT REIXACH	
Turisme i canvi climàtic als Pirineus	37
JUAN TERRÁDEZ, IDOIA ARAUZO, MARC PONS, ISIDOR PEIRATO	
La vulnerabilitat del turisme de neu davant el canvi climàtic. L'exemple del Pirineu català	49
DAVID SAURÍ, JOAN CARLES LLURDÉS	
La costa catalana: present i futur	59
AGUSTÍN SÁNCHEZ-ARCILLA	
L'aptitud climàtica per al turisme de sol i platja a Catalunya davant el canvi climàtic	67
M. BELÉN GÓMEZ MARTÍN	

De quanta aigua disposarem en el futur? Impacte del canvi climàtic
en els recursos hídrics a Llenguadoc-Rosselló..... 79

WOLFGANG LUDWIG, FRANCK LESPINAS ET MAHREZ SADAoui

Estratègies del sector turístic en el proveïment i l'estalvi d'aigua enfront dels
reptes del canvi climàtic..... 95

ANNA RIBAS PALOM

CONTENU

Prologue.....	109
ROSA M. FRAGUELL, JOSEP CALBÓ, CAROLINA MARTÍ	
Projections climatiques et scénarios pour le futur	113
JOSEP CALBÓ	
Le projet ECTAdapt: contribuer à l'adaptation de l'espace catalan transfrontalier aux effets attendus du changement climatique	125
ANNA PIBERNAT REIXACH	
Tourisme et changement climatique dans les Pyrénées	141
JUAN TERRÁDEZ, IDOIA ARAUZO, MARC PONS, ISIDOR PEIRATO	
La vulnérabilité du tourisme d'hiver face au changement climatique. L'exemple des Pyrénées catalanes.....	153
DAVID SAURÍ, JOAN CARLES LLURDÉS	
La côte catalane: présent et futur	163
AGUSTÍN SÁNCHEZ-ARCILLA	
L'aptitude climatique du tourisme de soleil et de plage en Catalogne face au changement climatique	171
M. BELÉN GÓMEZ MARTÍN	

Combien d'eau pour demain? Impact du changement climatique
sur les ressources en eau en Languedoc-Roussillon 183

WOLFGANG LUDWIG, FRANCK LESPINAS ET MAHREZ SADAOUI

Les stratégies du secteur du tourisme dans l'approvisionnement et
l'économie d'eau face aux défis du changement climatique..... 199

ANNA RIBAS PALOM

PRÒLEG

ROSA M. FRAGUELL

Departament de Geografia i Institut de Medi Ambient, UdG

JOSEP CALBÓ

Departament de Física, UdG

CAROLINA MARTÍ

Departament de Geografia i Institut de Medi Ambient, UdG

El llibre que llegiu és un recull de ponències representatives presentades a la XVII International Summer School on Environment (ISSE), que va tenir lloc el 21 i 22 de setembre de 2017 a la Universitat de Girona (UdG) i coorganitzada per l'Institut de Medi Ambient i l'Institut Superior d'Estudis Turístics (INSETUR), sota el títol «Canvi climàtic i turisme».

La decisió de dedicar la dissetena edició de l'ISSE a aquest tema rau en declaracions internacionals i recerques fetes darrerament, que justifiquen la interrelació entre ambdues variables. En primer lloc, un dels acords presos a la Cimera Mundial de Turisme Sostenible, duta a terme el novembre de 2015 a Vitòria, és que el turisme ha de respondre de forma activa i de manera urgent al canvi climàtic. En segon lloc, en la declaració de les Nacions Unides de l'any 2017 dins l'Any Internacional del Turisme Sostenible per al Desenvolupament, s'identifiquen les destinacions turístiques com a espais idonis per a l'aplicació de l'Objectiu 13, que fa referència a l'adopció de mesures urgents per combatre el canvi climàtic, i que forma part dels 17 Objectius de desenvolupament sostenible aprovats per les Nacions Unides el setembre de 2015. I, finalment, la publicació recent del Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (TICCC) (2016) també aborda els impactes del canvi climàtic en el turisme en el capítol 16. Tots aquests esdeveniments plantegen al sector turístic el repte d'emprendre accions d'implantació de mesures de mitigació i adaptació al canvi climàtic, i als centres de recerca, de crear espais de reflexió i debat per assolir la conciliació necessària entre turisme i medi ambient i superar la difícil relació entre turisme i canvi climàtic.

El clima és un recurs essencial per al turisme. De fet, bona part de l'oferta turística incorpora el clima com a atractiu principal. Conseqüentment, els canvis en el clima i, sobretot, els canvis en el temps meteorològic poden condicionar la demanda turística, i és per això que el turisme és especialment fràgil i sensible al canvi climàtic. El turisme és un agent responsable del canvi climàtic per les seves importants contribucions, sobretot a través del viatge, a les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) a l'atmosfera, però també n'és víctima. Especialment els segments més vulnerables són el turisme de sol i platja i el de neu, ja que els experts en projeccions climàtiques prediuen la pèrdua dels seus recursos principals.

En aquest context, els objectius de l'ISSE 2017 són analitzar de quina manera el canvi climàtic impacta en el sector turístic, conèixer quina percepció té el sector turístic d'aquest impacte i com reacciona i, finalment, presentar algunes experiències d'adaptació als reptes del canvi climàtic portades a terme per diferents destinacions turístiques de litoral i de neu, i en particular de l'escenari català.

L'ISSE 2017 s'estructura en diferents àmbits. Els dos primers tenen un caràcter general i d'emmarcament del curs i recullen ponències que es presenten en aquest llibre, com la titulada «Projeccions climàtiques i escenaris de futur», en la qual s'expliquen els canvis previstos en les variables climàtiques per a mitjans d'aquest segle i que estan directament relacionades amb la competitivitat del sector turístic a Catalunya. Una altra de les ponències recollides és la que porta per títol «El projecte ECTAdapt: contribuir a l'adaptació de l'Espai Català Transfronterer als efectes esperats del canvi climàtic», en què s'exposa el desenvolupament d'una política conjunta així com d'accions d'adaptació al canvi climàtic en els municipis de l'Espai Català Transfronterer.

El tercer àmbit es dedica al turisme de neu davant el canvi climàtic i inclou ponències com la titulada «Turisme i canvi climàtic als Pirineus», en la qual s'analitzen els efectes que pot tenir el canvi climàtic en la disminució de l'atractiu turístic d'algunes estacions d'esquí del Pirineu, en la degradació d'alguns elements iconogràfics del paisatge pirinenc i en l'augment del risc de les infraestructures turístiques pels fenòmens meteorològics extrems. També s'hi ha inclòs la que porta per títol «La vulnerabilitat del turisme de neu davant el canvi climàtic. L'exemple del Pirineu català», en què s'avalua la situació actual de les estacions d'esquí al Pirineu català i la seva viabilitat futura segons tres escenaris climàtics i la presència o no de neu artificial, i com a alternativa es proposa la transició vers estacions de muntanya per evitar la dependència de la neu.

Finalment, el quart àmbit es dedica al turisme de sol i platja davant el canvi climàtic i s'hi presenten ponències com la titulada «La costa catalana: present i futur», en què s'analitza la problemàtica de la costa catalana en l'actualitat i l'evolució prevista per a les platges catalanes enfront de la pujada del nivell del mar, i s'acaben fent unes consideracions sobre futurs plans de millora i unes recomanacions d'actuacions possibles. També s'hi inclou la que porta per títol «L'aptitud climàtica per al turisme de sol i platja a Catalunya davant el canvi climàtic», en la qual s'exposa que el clima de la costa catalana presenta unes condicions excel·lents per a la pràctica de la modalitat del turisme de sol i platja i que ho continuarà sent en el futur, i finalitza fent recomanacions d'adaptació dels calendaris d'ús recreatiu de les platges a l'excel·lent potencialitat del recurs. Finalment, cal esmentar la ponència que porta per títol «Estratègies del sector turístic en el proveïment i l'estalvi d'aigua enfront dels reptes del canvi climàtic», en què s'estudien els principals impactes del canvi climàtic al litoral català, en especial a la Costa Brava, en la disminució de la disponibilitat d'aigua i com aquesta problemàtica afecta el turisme, i finalitza fent una anàlisi de les principals estratègies que aplica el sector turístic català en el proveïment d'aigua i en mesures d'estalvi hídric.

Com a cloenda, cal destacar que totes aquestes ponències, així com la resta de contribucions, no haurien estat possibles sense la col·laboració de la Universitat de Perpi-

nyà -Via Domitia i del projecte «ECTAdapt: contribuir a l'adaptació de l'Espai Català Transfronterer als efectes esperats del canvi climàtic» (codi EFA011/15 ECTAdapt), així com de l'Observatori Pirinenc de Canvi Climàtic, el Département des Pyrénées-Orientales, la Generalitat de Catalunya, la Diputació de Girona a través del Consell d'Iniciatives Locals per al Medi Ambient de les comarques de Girona (CILMA), i el Consell Social de la Universitat de Girona. El seu ajut ha estat decisiu per garantir l'expertesa dels ponents i l'alta participació dels assistents, així com el llibre que teniu a les mans.

PROJECCIONS CLIMÀTIQUES I ESCENARIS DE FUTUR

JOSEP CALBÓ

Departament de Física, Universitat de Girona.

C. Universitat de Girona, 4, 17003 Girona

josep.calbo@udg.edu

Resum

El coneixement de com pot ser el clima en els propers anys i dècades, encara que sigui de manera aproximada, és un factor molt rellevant a l'hora de prendre decisions en relació amb l'adaptació al canvi climàtic, en particular en el sector turístic a Catalunya. En aquest capítol es presenten les projeccions climàtiques de futur per a Catalunya, en base al capítol cinquè del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, publicat el 2016. Primer s'explica el funcionament del sistema climàtic i les causes del canvi climàtic contemporani, i es repassa breument la metodologia emprada per estimar el clima del futur, és a dir, la modelització climàtica i la regionalització de les projeccions. A Catalunya s'espera un augment de la temperatura de 1,4 °C (a mitjan segle XXI respecte de finals del segle XX), i una moderada disminució de la precipitació (-7 %), a part d'augment del nivell del mar, de les nits tropicals, de la cota de neu i escurçament del període en què les zones de muntanya romanen cobertes de neu.

Paraules clau

Canvi climàtic, Catalunya, projeccions climàtiques, regionalització, escenaris.

1. INTRODUCCIÓ

El canvi climàtic contemporani consisteix en una variació del clima de la Terra a un ritme molt més accelerat que el dels canvis que podem etiquetar de naturals, i que està conduint aquest clima cap a un estat molt més càlid del que correspondria en el període interglacial en el qual ens trobem. Així, la temperatura mitjana a la superfície de la Terra ha augmentat 0,8°C des de 1850 (IPCC 2013), encara que bona part de l'escalfament es produeix des de 1900 i més significativament, des de 1970. La figura 1 mostra l'anomalia de temperatura mitjana global des de 1880, i demostra que l'escalfament recent és molt remarcable: 9 dels 10 anys més càlids s'han donat en la darrera dècada, cadascun dels darrers tres decennis ha estat més càlid que l'anterior, i es considera que tots ells han estat els més càlids de darrer mil·lenni. No hi ha dubte que la causa d'aquest escalfament global que afecta tot el planeta, encara que de manera desigual, és l'activitat humana. Concretament, l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, en particular el diòxid de carboni (CO₂), però també el metà i l'òxid nítrós, entre d'altres. El canvi climàtic és considerat un dels reptes més importants que cal afrontar si es vol assegurar la supervivència de la humanitat amb uns nivells de benestar i equitat similars o millors que els actuals (Steffen et al 2015).

L'escalfament global també es percep i mesura a Catalunya. Així, la figura 2 mostra com des de l'any 1980 l'anomalia de temperatura (respecte de la mitjana del període 1961-1990) és sempre positiva, i com molts dels anys més càlids s'han donat en les

Figura 1. L'anomalia de temperatura global, és a dir, la temperatura mitjana global de cada any menys la mitjana del període 1901-2000, des de 1880. *Font:* NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published October 2017, consultat el 3 de Novembre de 2017 a <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

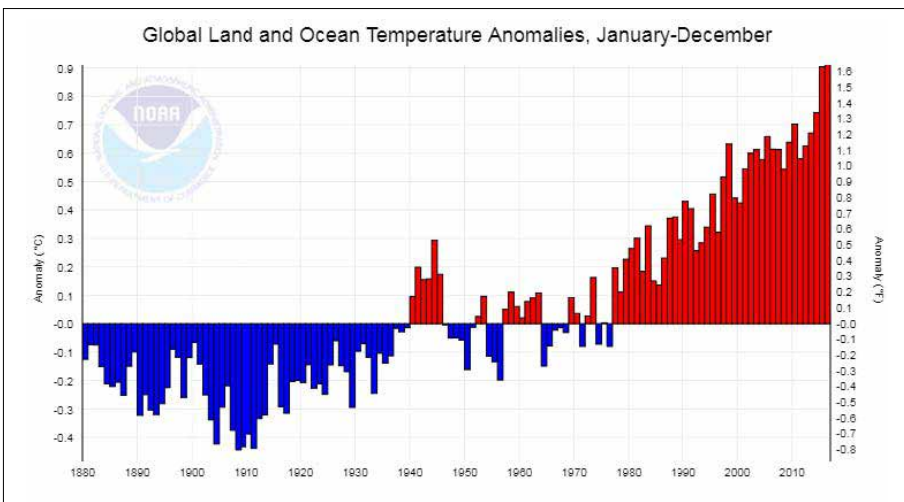
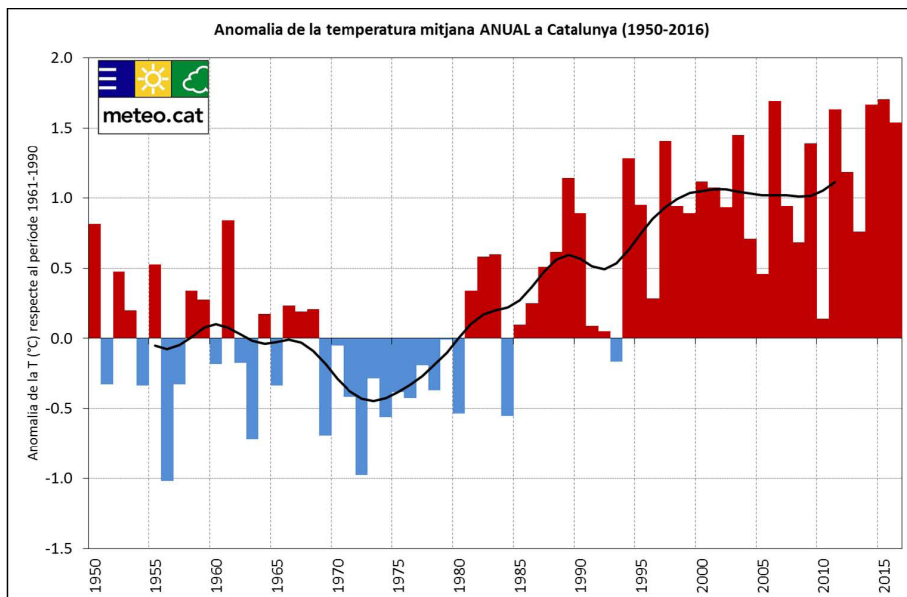


Figura 2. L'anomalia de temperatura per a Catalunya, en aquest cas calculada com la temperatura mitjana a Catalunya de cada any menys la mitjana del període 1961-1990, des de 1950.

Font: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics*, 2016, Servei Meteorològic de Catalunya.



dècades més recents. El capítol quart del *Tercer informe del canvi climàtic a Catalunya* (TICCC) explica que la temperatura mitjana anual està pujant a un ritme de $+0,23^{\circ}\text{C}/$ decenni per al conjunt de Catalunya i per al període 1950-2014, cosa que vol dir que l'escalfament és de quasi $1,5^{\circ}\text{C}$ en aquest període. A més, molts altres indicadors van en el mateix sentit: el nivell del mar i la temperatura de l'aigua del mar a la Costa Brava augmenten; els dies que es poden considerar d'estiu per les altes temperatures mitjanes, les nits i els dies càlids s'incrementen de manera estadísticament significativa, mentre que disminueixen amb significació estadística els dies i nits freds, i els dies de neu; al mateix temps que les geleres del Pirineu van desapareixent. Contràriament, la precipitació no varia en el conjunt de Catalunya de forma significativa.

De la mateixa manera que és important constatar l'existència del canvi climàtic, i conèixer-ne les causes, per tal de mirar de mitigar-les, és també molt rellevant intentar saber quin pot ser el clima futur, per intentar prendre les decisions oportunes de cara a adaptar-nos, si cal, a la nova situació climàtica. En aquest capítol es presenten, doncs, les projeccions climàtiques de futur per a Catalunya, en base al capítol cinquè del TICCC (Calbó *et al.*, 2016). Abans, però, es fa una explicació del funcionament del sistema climàtic i de les causes del canvi climàtic contemporani, així com de la metodologia (la modelització climàtica i la regionalització de les projeccions) emprada de manera general per estimar el clima del futur.

2. EL SISTEMA CLIMÀTIC I LES CAUSES DEL CANVI CLIMÀTIC GLOBAL

El clima ha estat canviant des que la Terra existeix. Però una cosa són els canvis dits naturals, deguts a fenòmens astronòmics o geològics, i una altra és el canvi climàtic contemporani, que s'atribueix a l'activitat de l'espècie humana. Per què hi hagi un canvi, algun dels factors que configuren el clima ha de variar. Sovint, el canvi climàtic resulta d'una amplificació de la causa inicial, mitjançant algun mecanisme de retroacció. En aquesta secció s'explica molt breument el funcionament bàsic del sistema climàtic i les causes del canvi climàtic actual. Es poden trobar més detalls a Calbó (2015).

El factor fonamental del sistema climàtic és el balanç o equilibri que existeix entre l'energia que rep la Terra, en forma de radiació, i la que la Terra desprèn cap a l'Univers, també com a radiació. Efectivament, la Terra rep energia provinent del Sol (la radiació solar, és a dir la llum visible, ultraviolada i en l'infraroig proper) i s'aniria escalfant si anés absorbint tota aquesta energia i no tingués algun mecanisme de refredament. La Terra, però, no absorbeix tota l'energia solar que li arriba, sinó que una determinada fracció d'aquesta energia es reflecteix de nou cap a l'espai. Aquesta energia reflectida no escalfa la Terra i, per tant, el valor de l'albedo (és a dir, el percentatge de radiació solar reflectida cap a l'espai) és un factor molt important. Per altra banda, se sap que qualsevol cos que es trobi a una temperatura per sobre del zero absolut emet radiació; per tant, la Terra emet radiació. Atesa la temperatura a què es troba la Terra, la radiació emesa correspon a l'infraroig tèrmic, la qual, en el context climàtic, s'anomena radiació terrestre, per distingir-la de la radiació solar.

Si no hi hagués cap altre fenomen significatiu, el balanç radiatiu entre la radiació solar neta absorbida i la radiació emesa per la superfície de la Terra donaria lloc a una temperatura que estaria molt per sota de la que actualment s'observa. Concretament, amb el valor de la constant solar actual, per un albedo de la superfície al voltant de 9% (valor mitjà degut sobretot a la gran reflectivitat de les superfícies gelades, ja que altres superfícies, com ara els oceans, són molt absorbents), i considerant que la Terra sense atmosfera es comporta com un emissor gairebé perfecte de radiació, l'equilibri s'assoleix per una temperatura propera als 0°C.

Aleshores, és obvi que cal un altre element per explicar el clima de la Terra: l'atmosfera. L'atmosfera és la capa que envolta la Terra i que està formada per una barreja de gasos, l'aire. A més, l'atmosfera conté partícules, les quals si són d'aigua o de gel i es presenten en prou abundància en un lloc determinat, constitueixen els núvols. Els núvols afecten notablement el balanç radiatiu, principalment perquè els núvols reflecteixen radiació solar cap a l'espai de manera molt eficient. Amb els núvols, l'albedo de la Terra passa a ser del 30%. Lògicament, si la quantitat de radiació solar reflectida és més gran, la que és absorbida és més petita, cosa que fa que la temperatura corresponent al balanç radiatiu amb aquest albedo sigui encara més baixa, uns 18°C sota zero.

Afortunadament, l'atmosfera té un altre paper en el balanç radiatiu. Es tracta del fet que alguns gasos que formen part de l'aire tenen la propietat d'absorbir radiació de determinades longituds d'ona. Aquests gasos no són pas els més abundants en l'atmos-

fera sinó que es tracta de gasos que es troben en concentracions relativament baixes: el vapor d'aigua, el diòxid de carboni, el metà, l'òxid nitrós, l'ozó i altres gasos encara més rars. Aquests gasos absorbeixen radiació terrestre ja que presenten bandes d'absorció en la regió de l'infraroig tèrmic. És a dir, que l'atmosfera absorbeix radiació terrestre, i d'aquesta manera impedeix que part d'aquesta energia escapi cap a l'espai, i per tant, es redueix el refredament. Aquest fenomen es coneix com a *efecte hivernacle*. Ara, si es determina la temperatura que ha de tenir la superfície de la Terra per tal que, amb una emissivitat reduïda per la presència dels gasos amb efecte d'hivernacle, compensi la radiació solar absorbida, aquesta resulta ser d'uns 15°C.

Així doncs, els canvis en el clima global a la Terra han de ser el resultat dels canvis en la radiació solar incident (deguts, per exemple, a canvis en la lluminositat del Sol o a variacions de l'òrbita planetària), dels canvis en l'albedo de la Terra (deguts a la distribució d'oceans i continents, a la quantitat de gel i neu sobre aquests, a la presència de més o menys núvols o aerosols, o a canvis en les cobertes dels sòls), o dels canvis en la composició de l'atmosfera (augment o disminució de gasos amb efecte d'hivernacle). Tots els canvis climàtics passats, incloent per exemple les glaciacions periòdiques del Quaternari, s'expliquen fonamentalment per una (o diverses, si actuen conjuntament) d'aquestes causes. El canvi climàtic contemporani es considera antropogènic perquè no hi ha dubte que la causa primera és l'augment de la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle degut a les emissions produïdes per l'activitat humana. Per exemple, el CO₂ ha passat de 280 parts per milió (ppm) l'any 1750 a més de 400 ppm en el present, a causa de a les emissions resultants de l'ús de combustibles fòssils (carbó, petroli, gas natural). Aquesta causa primera es veu amplificada per diverses retroaccions, com la del vapor d'aigua i la del gel-albedo (Calbó, 2015).

3. ESCENARIS D'EMISSIONS I MODELITZACIÓ CLIMÀTICA

Els models climàtics són eines que integren el coneixement actual del sistema climàtic, de manera que utilitzant com a dades d'entrada els factors que afecten (o «forcen») el sistema, obtenen com a resultat el clima que cal esperar en un període futur. Pel que fa a aquestes dades d'entrada, que representen la principal incertesa en les projeccions climàtiques, es parla d'escenaris d'emissions, que es tractaran més endavant. Els models més habituals, els models globals del clima, són codis informàtics que resolen les equacions matemàtiques que descriuen la física i la química dels processos que tenen lloc a l'atmosfera, l'oceà, la hidrosfera, la criosfera i la superfície terrestre, per la qual cosa han d'emprar una malla en la qual fer els càlculs. La mida de les quadrícules d'aquesta malla és una de les diferències que hi ha entre els diversos models, encara que la majoria d'ells treballen amb resolucions de l'ordre del grau de latitud i longitud. Els models climàtics han de ser capaços de reproduir les retroaccions en el sistema climàtic, processos que poden amplificar o reduir la resposta a un determinat forçament. Això no sempre és obvi, i per exemple, els processos de retroacció en què intervien els núvols segueixen representant la principal font d'incertesa en les simulacions. Degut

a les diferents resolucions, a les diverses parametritzacions o a la representació de les retroaccions, encara hi ha discrepàncies entre diversos models. Per això, normalment s'empren diferents models de forma agregada a l'hora de presentar les projeccions corresponents a futurs escenaris climàtics.

Malgrat que els models climàtics són validats i es demostra que són capaços de reproduir amb força realisme el clima del passat a escala global (si es tenen presents les emissions antropogèniques de gasos amb efecte d'hivernacle i d'aerosols), la comunitat científica té ben present la necessitat de millorar els models climàtics. Així, els models globals segueixen sent força limitats a l'hora de fer projeccions climàtiques a escales regionals. Els models globals del clima no inclouen una bona descripció de l'orografia, ni tampoc una bona definició de la línia de costa, almenys al nivell que cal quan ens interessem pel clima en àrees petites com ara Catalunya. Òbviament, una solució a aquest problema seria la d'incrementar la resolució dels models globals, aspecte que està limitat per la potència de càlcul disponible. Tot i així hi ha alguns exemples d'intents d'augmentar-ne la resolució, per exemple en el Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS, Jiménez-Guerrero, 2007), amb el model EC-Earth; semblantment, en la fase actual dels treballs per al proper informe de l'IPCC, alguns grups se centren en modelització global d'alta resolució (a l'entorn de 25 km).

Mentre els models d'abast global no siguin capaços de produir resultats correctes sobre una malla d'alta resolució en un temps raonable, serà necessària alguna tècnica de «regionalització» o de disminució d'escala (*downscaling*), és a dir, alguna metodologia per obtenir més detall espacial de les projeccions climàtiques. Hi ha diverses opcions (la regionalització dinàmica i la regionalització estadística, i tècniques híbrides), però totes depenen d'una manera o altra dels resultats dels models globals, que són en realitat els que projecten l'evolució del clima cap al futur, mentre que els mètodes de regionalització converteixen els resultats d'una escala gran a una escala inferior, amb més detall. En definitiva, una determinada projecció climàtica d'abast regional serà el resultat de combinar un escenari d'emissions, la sortida dels models climàtics globals forçats amb aquest escenari d'emissions, i l'aplicació de les tècniques de regionalització. És evident, doncs, que el nombre de projeccions que es poden obtenir és molt elevat, i cal tenir present que cadascun dels passos introdueix incertesa en les projeccions regionals que se n'obtinguin.

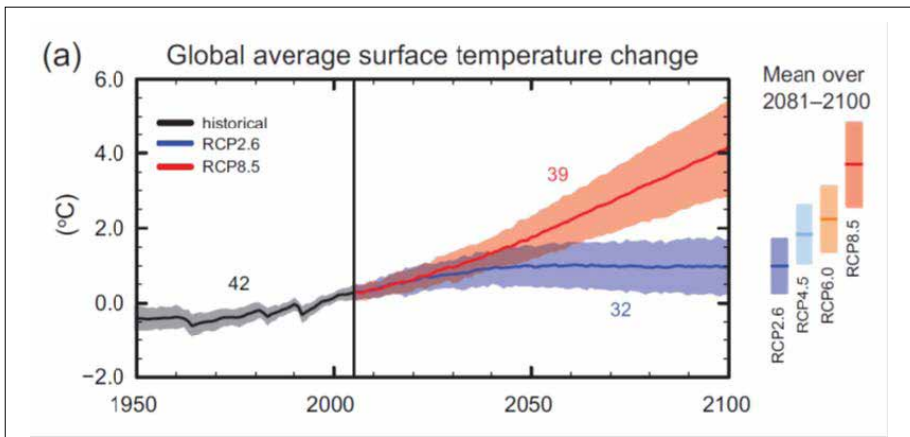
Com ja s'ha esmentat, per efectuar projeccions del clima futur cal primer disposar de projeccions de les emissions de gasos i aerosols. La incertesa que hi ha sobre quina serà l'evolució futura d'aquestes emissions és molt gran. Les emissions depenen, entre d'altres factors, de les evolucions de la demografia, economia i tecnologia. Per tant, el que hom fa és assumir diversos «escenaris» d'emissions, que comporten diferents nivells de forçament radiatiu del sistema climàtic. En el quart informe de l'IPCC (AR4) es van utilitzar els escenaris provinents d'un informe especial que es va publicar l'any 2000 (Nakicenovic i Swart, 2000). Aquests escenaris s'agrupaven en quatre famílies, que corresponen a quatre línies evolutives que es van anomenar A1, A2, B1 i B2. En el cinquè informe de l'IPCC (AR5) s'han utilitzat uns altres escenaris, que de fet es

denominen «evolucions representatives de les concentracions» (de les sigles en anglès RCP) i que són els RCP 2,6, 4,5, 6,0 i 8,5. Els fonaments d'una i altra aproximació són lleugerament diferents, però pel que interessa en el present treball, el que és rellevant és que en tots els casos hi ha escenaris «alts» en emissions (o en forçament radiatiu), escenaris «intermedis», i escenaris «baixos». Els darrers correspondrien al que hauria de passar si s'emprenen de manera immediata polítiques significatives de mitigació.

4. PROJECCIONS CLIMÀTIQUES PER A CATALUNYA

En aquest apartat es farà un breu resum del cinquè capítol del TICCC (Calbó *et al.*, 2016) ja que és una publicació prou actual i prou completa pel que fa a les projeccions de canvi climàtic a Catalunya. Cal dir, de totes maneres, que a diverses institucions, i en particular al grup de Ciències de la Terra del BSC-CNS i al Servei Meteorològic de Catalunya, se segueix treballant contínuament per millorar i precisar aquestes projeccions. En aquella publicació es proposen diverses estimacions de canvis en la temperatura i precipitació, en un horitzó temporal que va fins a la meitat del segle XXI. Els resultats provenen de l'anàlisi, per a la zona geogràfica de Catalunya, dels resultats de models climàtics globals inclosos en l'AR5 de l'IPCC; però molt especialment, dels resultats de diversos projectes de regionalització que s'han dut a terme recentment a escala internacional, estatal i catalana. També es van tenir en compte, per al futur més immediat, les sortides de les prediccions decadal efectuadaes amb diversos models globals. Es van considerar majoritàriament escenaris d'emissions «moderats» (A1B i RCP4.5), i per tant, els valors de canvi futur podrien ser lleugerament superiors als que aquí se sintetitzen, si l'escenari que se seguís fos un de més «alt» pel que fa a les

Figura 3. La projecció de la temperatura mitjana de la Terra durant el segle XXI, per diversos escenaris i realitzada amb el conjunt de models que van participar en l'AR5 de l'IPCC. Font: IPCC, 2013: Summary for Policymakers.



emissions (RCP6.0 o RCP8.5). Tot i així, l'efecte addicional d'un escenari més intensiu en emissions no es produiria de manera clara fins a la segona meitat del segle. Per exemple, la figura 3 mostra que, a escala global, la diferenciació entre l'escenari RCP2.6 i l'escenari RCP8.5 no es manifesta clarament fins a la meitat del segle. Els escenaris intermedis RCP4.5 o RCP6.0 no es presenten en detall en aquesta figura, però amb prou feines es podrien distingir en el període fins al 2050.

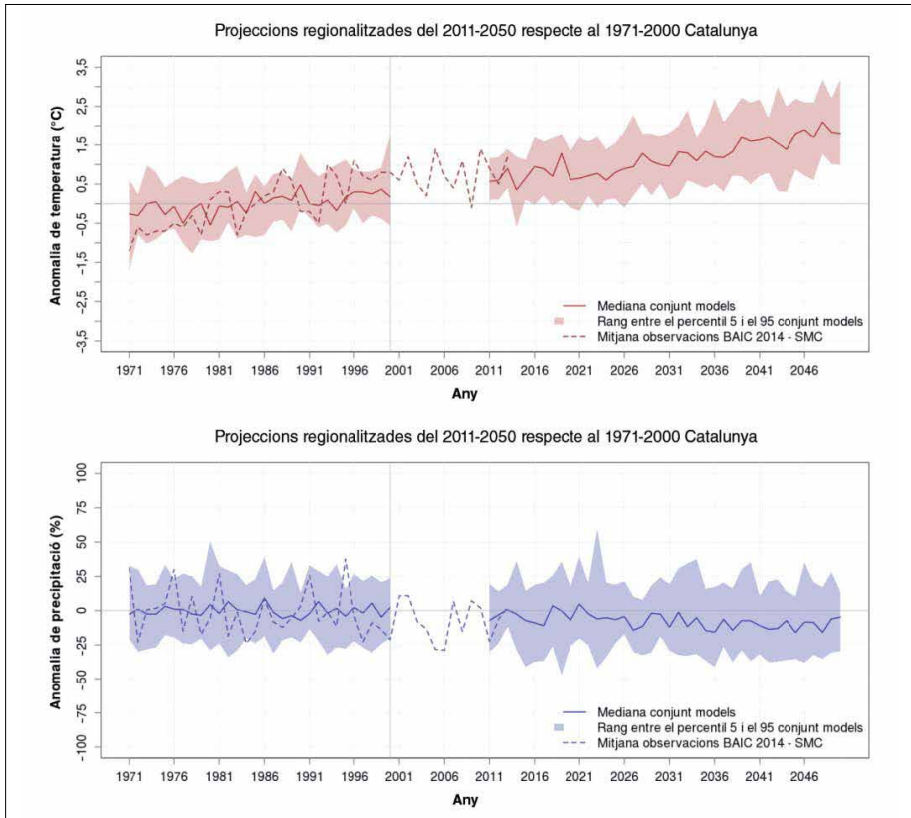
Tots els projectes analitzats a Calbó *et al.* (2016) donen com a resultat un senyal molt clar d'augment de temperatura a Catalunya per a les properes dècades (figura 4). Aquest augment, que serà continu, es manifesta en tots els horitzons temporals, en totes les estacions de l'any i en totes les àrees geogràfiques i climàtiques de Catalunya. Amb els diferents models, escenaris i tècniques, s'obté un rang de valors per a l'augment de temperatura. Si s'assumeix que la mediana d'aquesta població de valors es pot considerar representativa del valor més probable, resulta que per a la present dècada (fins al 2021), l'augment de temperatura podria ser de 0,8 °C respecte a la mitjana del període 1971-2000 (cal recordar que aquesta ja és més alta que la d'anys previs del mateix segle XX). A mitjan segle XXI (2031-2050), la temperatura podria augmentar al voltant d'1,4 °C en mitjana anual per a tot Catalunya. Durant l'estiu i al Pirineu es podrien produir increments una mica més elevats, de fins als 2°C.

En el cas de la precipitació, l'efecte del canvi climàtic a Catalunya sembla apuntar cap a una disminució, però aquesta tendència és més incerta (figura 4). Concretament, les tècniques de regionalització donen un canvi, molt poc significatiu, de tan sols -2 % per a la dècada present (2012-2021) respecte al període de referència (1971-2000), mentre que algunes projeccions dels models globals fins i tot donen un petit augment (igualmente no significatiu) per a aquest mateix període. El descens de la precipitació es fa més evident cap a mitjan de segle en les projeccions regionalitzades, ja que per a aquest període es troben valors representatius al voltant del -10% a la primavera, l'estiu i la tardor. Combinats amb disminucions menors a l'hivern, resultaria que la disminució de la precipitació anual per al conjunt de Catalunya podria ser de prop d'un -7%. Cal dir que en el cas de la precipitació, utilitzar la regionalització dinàmica (models regionals) és molt important, ja que aquesta incorpora els efectes de l'orografia que queden molt desdibuixats en els models globals.

D'altra banda, les projeccions sobre fenòmens extrems són escasses i força incertes, i encara cal molta més recerca en aquest camp. En tot cas, algun projecte com ara ESCAT, desenvolupat al SMC, indica que els extrems de temperatura i precipitació patirien alteracions apreciables: increment significatiu de l'ocurrència de mesos càlids, disminució de les nits de glaçada, principalment al Pirineu, augment de les nits tropicals a la façana litoral, augment de la probabilitat d'ocurrència dels episodis de precipitació diària molt abundant (>200 mm en 24 h) i de la longitud dels períodes secs, amb una major ocurrència i severitat de les sequeres. Els canvis en aquests fenòmens extrems es presenten i discuteixen amb molta més profunditat en el capítol 6 del TICCC (Llasat *et al.*, 2016).

Figura 4. L'evolució de la temperatura i de la precipitació a Catalunya, segons diversos models i tècniques de regionalització, des de 1971 fins a 2050.

Font: TICCC, capítol 5.



5. COM A CONCLUSIÓ

El canvi climàtic, com s'ha dit, és un fenomen global. Per tant, afecta tots els continents i regions, incloent-hi Catalunya. La preocupació sobre el canvi climàtic a Catalunya ve de lluny, amb molts grups d'investigació d'universitats i centres de recerca que hi posen atenció des de fa més de 20 anys. Aquesta preocupació, inicialment limitada al món científic, es va reflectir en la creació de l'anomenat Grup d'Experts en Canvi Climàtic a Catalunya, que va ser l'impulsor del Primer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (Llebot, 2005). Després, ja amb una col·laboració molt més formalitzada amb el Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS) i amb l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC) s'han redactat el segon i tercer informes sobre el canvi climàtic, amb l'objectiu de traslladar els coneixements als actors polítics, socials i econòmics.

Les projeccions climàtiques per a Catalunya reflecteixen canvis significatius en diverses variables, i poden tenir impacte en el sector turístic. Així, l'augment de temperatura a l'estiu pot suposar una disminució del confort tèrmic, tot i que per altra banda, aquest confort pot augmentar en la primavera i la tardor. L'augment del nivell del mar resultant de la dilatació tèrmica (i de la fosa dels gels continentals) pot disminuir la superfície útil de platja per als usuaris, i pot augmentar l'impacte negatiu de les tempestes marines sobre les infraestructures de la façana litoral. L'augment de temperatura hivernal pot representar un increment de la cota on neva de manera suficient, i una reducció de la temporada en la qual la neu roman sense fondre's, cosa que pot afectar el turisme de neu. Totes aquestes qüestions cal que siguin considerades amb cura pel sector turístic.

BIBLIOGRAFIA

- Calbó, J. (2015). «Per què canvia, el clima?». *Mètode*, 87, 20–26.
- Calbó, J.; Gonçalves-Ageitos, M.; Barrera, A.; Garcia-Serrano, J.; Doblas-Reyes, F.; Guemas, V.; Cunillera, J.; Altava, V (2016). «Projeccions climàtiques i escenaris de futur». A Martin-Vide et al. (coord). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, 113-133.
- IPCC (2013). «Summary for Policymakers». A Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom i New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Jiménez-Guerrero P. (2007). «Application of climate models within supercomputing frameworks». *Teraflop*, 94.
- Llasat Botija, M.C.; J. Corominas; C. García Sellés; P. Quintana Seguí; M. Turco (2016). «Riscos d'origen climàtic». A Martin-Vide et al. (coord). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, 93-112
- Llebot, J.E. (2005). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible, 815 pp.
- Martin-Vide, J.; M. Prohom Duran; M. Busto; J. Pascual Massaguer; J. Camins (2016). «Evolució recent de la temperatura, la precipitació i altres variables climàtiques a Catalunya». A Martin-Vide et al. (coord). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, 93-112.
- Nakicenovic, N. i R. Swart, Eds. (2000). *IPCC Special report on emission scenarios*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 570 pp.
- Steffen, W.; K. Richardson; J. Rockström; S.E. Cornell; I. Fetzer; E.M. Bennett; R. Biggs; S.R. Carpenter; W. de Vries; C.A. de Wit; C. Folke; D. Gerten; J. Heinke; G.M. Mace; L.M. Persson; V. Ramanathan; B. Reyers; S. Sörlin (2015). «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet». *Science* 347 (6223), doi: 10.1126/science.1259855.

EL PROJECTE ECTAdapt: CONTRIBUIR A L'ADAPTACIÓ DE L'ESPAI CATALÀ TRANSFRONTERER ALS EFECTES ESPERATS DEL CANVI CLIMÀTIC

ANNA PIBERNAT REIXACH
Tècnica del CILMA pel projecte ECTAdapt
CILMA (Consell d'Iniciatives Locals per al
Medi Ambient de les comarques de Girona)
apibernat@cilma.cat

Resum (abstract)

Els *impactes climàtics* (onades de calor, onades de fred, precipitació extrema, inundacions, pujada del nivell de mar, sequeres i escassetat d'aigua, tempestes, esllavissades, incendis forestals, canvis en el patró de nivació, etc.) i les *seves conseqüències* no es limiten a un territori administratiu, sinó que afecten més enllà de les fronteres. Altrament, el clima mediterrani està reconegut com un dels més sensibles al desordre climàtic.

El canvi climàtic té ja conseqüències en la temperatura, la quantitat i la qualitat de l'aigua, la producció agrícola i silvícola, la pèrdua de biodiversitat, *el turisme i l'economia* (sequeres, manca de neu, augment de la freqüència d'episodis d'onades de calor, entre altres), en la salut pública i la sanitat ambiental (cops de calor, al·lèrgies, epidèmies, mosquits, plagues o altres), en l'augment i intensitat dels riscos naturals (incendis, inundabilitat, intrusió salina, esllavissades, afectacions dels temporals marins a la costa, etc).

Per tot això és important ampliar la discussió i treballar a escala de tot el territori català transfronterer (amb una situació climàtica similar a ambdós costats de la frontera) per tal de *reduir aquesta vulnerabilitat*, i intentar trobar respostes comunes a favor de l'*adaptació al canvi climàtic*.

En aquest context, el *Département des Pyrénées-Orientales* (CD66) va associar-se amb la *Diputació de Girona* (DDGI) i el *Consell d'Iniciatives Locals per al Medi Ambient de les comarques de Girona* (CILMA), el 17 de novembre de 2014, per compartir sinèrgies en matèria d'adaptació al canvi climàtic, cercant respostes innovadores i adaptades al context local.

El dia 26 de maig de 2016 es va atorgar una subvenció per a la realització del projecte «*ECTAdapt: Contribuir a l'adaptació de l'espai català transfronterer als efectes esperats del canvi climàtic*» (Codi EFA011/15 ECTAdapt), en el marc de la primera convocatòria del Programa INTERREG V-A de cooperació transfronterera Espanya-França-Andorra POCTEFA 2014-2020.

El projecte ECTAdapt té com a objectiu general, doncs, desenvolupar una política conjunta en matèria d'*adaptació al canvi climàtic* a escala de tot l'*Espai Català Transfronterer* (ECT) mitjançant l'anàlisi de la vulnerabilitat del territori, la sensibilització de la població i de tots els agents públics i privats, i la redacció i execució de *Plans d'acció local per l'energia sostenible i el clima* (PAESC).

En la metodologia dels PAESC, el *sector turístic* i els *municipis turístics* de l'ECT seran prioritaris en l'anàlisi de la vulnerabilitat al canvi climàtic i en la planificació i execució d'actuacions d'adaptació, atenent als pros i els contres que suposa aquest sector econòmic per al territori (pressió sobre els recursos i el territori vs. importància econòmica).

1. EL PROJECTE ECTADAPT

1.1. objectius del projecte

El projecte ECTAdapt és un projecte de governança i s'estructura en tres línies estratègiques¹:

- Línia 1: Realitzar un inventari i una posada en comú de les *dades de vulnerabilitat als impactes* del canvi climàtic de l'Espai Català Transfronterer, amb l'objectiu de divulgar i sensibilitzar. Responsabilitat de la *Diputació de Girona* (DDGI).
- Línia 2: *Sensibilitzar, conscienciar, formar i involucrar* als actors de l'ECT en relació amb l'adaptació al canvi climàtic per a fomentar l'execució d'accions. Responsabilitat del *Département des Pyrénées-Orientales* (CD66).
- Línia 3: Elaborar una metodologia per acompanyar les administracions locals de l'ECT en la redacció dels *Plans locals per a l'adaptació al canvi climàtic* (PAESC). Responsabilitat del *Consell d'Iniciatives Locals per al Medi Ambient de les comarques de Girona* (CILMA).

Pel que fa a la cooperació transfronterera, el projecte ECTAdapt pretén:

- *Compartir experiències i bones pràctiques* d'ambdós costats de la frontera en matèria d'adaptació al canvi climàtic, qüestió actualment poc abordada per les parts interessades i per les administracions locals:
 - Beneficiar-se de l'experiència en la redacció dels Plans d'Acció Local per a l'Energia Sostenible (PAES) de les comarques gironines, on s'han redactat i dut a terme més de 200 PAES municipals, les accions del qual s'estan ja executat amb finançament de la DDGI i de la UE (projecte Beenergi², Enerinvest³, etc.).
 - Compartir l'experiència de la Diputació de Girona com a Coordinador territorial del Pacte d'alcaldes i alcaldesses (Covenant coordinator) i del CILMA com a *Covenant supporter* a la Catalunya nord.
- *Desenvolupar accions comunes, innovadores i experimentals* que contribueixin a la presa de consciència dels diferents sectors i implicar-los per passar a l'acció (població general, sectors socioeconòmics, administracions locals, etc.):

-
- 1 Més informació sobre el projecte ECTAdapt a:
<http://www.cilma.cat/?p=184653>
http://www.cilma.cat/wp-content/uploads/2016/07/Fitxa_s%C3%ADntesis_projecte_-ECTAdapt_CAT2.pdf
<https://www.poctefa.eu/noticia/seminario-de-lanzamiento-del-proyecto-ectadapt/>
<http://www.ectadapt.eu/> (en construcció)
 - 2 Més informació sobre el projecte Beenergi:
<http://beenergi.ddgi.cat/>
 - 3 Més informació sobre el projecte Enerinvest:
<https://www.enerinvest.es/>

Figura 1. Seminari de llançament del projecte ECTAdapt a Perpinyà (24/11/2016) on hi van assistir més de 100 participants d'ambdós costats de la frontera i 60 entitats públiques i privades diferents. A més de presentar el projecte ECTAdapt per part dels 3 socis, hi van intervenir 10 ponents. Font: elaboració pròpia, 2016.



- Perímetre d'estudi i d'actuació més coherent davant els mateixos impactes climàtics, tenint en compte la continuïtat d'espais naturals, la compartició de recursos, la distribució d'espècies, les condicions climàtiques i socioeconòmiques similars, l'economia del territori basada en l'agricultura i el turisme, etc.
- Posada en comú de dades i informacions disponibles per a la millora del coneixement sobre la vulnerabilitat del territori al canvi climàtic.
- Compartició i agrupació de recursos.
- Posar en marxa accions transfrontereres davant dels reptes comuns d'ambdós costats de la frontera.

1.2. Marc territorial i problemàtiques comunes

L'ECT és el territori format per la demarcació de Girona i el Département des Pyrénées-Orientales i representa una àrea d'influència de prop d'un milió tres-cents mil habitants i de 448 municipis, amb unes condicions climàtiques i socioeconòmiques similars.

Aquest territori es pot regionalitzar, segons àrees climàtiques, en municipis del Pirineu, de l'Interior i del Litoral, amb impactes climàtics i accions d'adaptació diferenciades.

1.3. Calendari del projecte ectadapt

El projecte ECTAdapt té una duració de 36 mesos, des del 01/05/2016 fins al 30/04/2019.

1.4. Gestió i governança del projecte ectadapt

La *Comunitat de Treball dels Pirineus* (CTP) és l'Autoritat de Gestió del Programa INTERREG V-A Espanya/França/Andorra (POCTEFA).

El *Département des Pyrénées-Orientales* és el cap de fila del projecte ECTAdapt. La seva funció específica és la coordinació administrativa i financera del projecte.

El projecte ECTAdapt ha constituït un *Comitè Tècnic de Seguiment*, integrat per experts en matèria de canvi climàtic externs al projecte i d'ambdós costats de la frontera, que tenen per objectiu assegurar la qualitat dels treballs que es desenvolupin, donar assessorament tècnic específic en matèria d'adaptació, i aportar experiència i criteri expert als tècnics i polítics implicats en l'execució del projecte ECTAdapt.

1.5. Pressupost i financiació del projecte ectadapt

El cost projectat per als tres anys de durada del projecte, repartit entre els socis participants del projecte ECTAdapt és de 1.031.678,00 €.

El projecte està cofinançat amb el 65% pel *Fons europeu de desenvolupament regional (FEDER)* mitjançant el Programa POCTEFA 2014-2020. L'objectiu del POCTEFA és reforçar la integració econòmica i social de la zona transfronterera Espanya-França-Andorra. La seva ajuda es concentra en el desenvolupament d'activitats econòmiques, socials i ambientals transfrontereres mitjançant estratègies conjuntes a favor del desenvolupament territorial sostenible.

Figura 2. Primera reunió del Comitè Tècnic de Seguiment del projecte ECTAdapt a Girona (03/02/2017) amb la participació de 51 membres d'ambdós costats de la frontera, durant la qual el Grup d'Experts en canvi climàtic de Catalunya va fer la presentació dels resultats del Tercer Informe sobre canvi climàtic a Catalunya (TICC). Font: elaboració pròpia, 2017.



2. EL CONTEXT DEL CANVI CLIMÀTIC

2.1. Causes i evidències observades de l'escalfament global i del canvi climàtic

L'escalfament global i el canvi climàtic són inequívocs, des dels anys cinquanta molts dels canvis observats no han tingut precedents. L'atmosfera i l'oceà s'han escalfat amb increment de 1,7 °C des de 1880; els volums de neu i gel han disminuït en un 13,2% per dècada; i el nivell del mar ha pujat de l'ordre de 3,4 mm per any, segons les dades observades per la NASA (*National Aeronautics and Space Administration, 2017*).

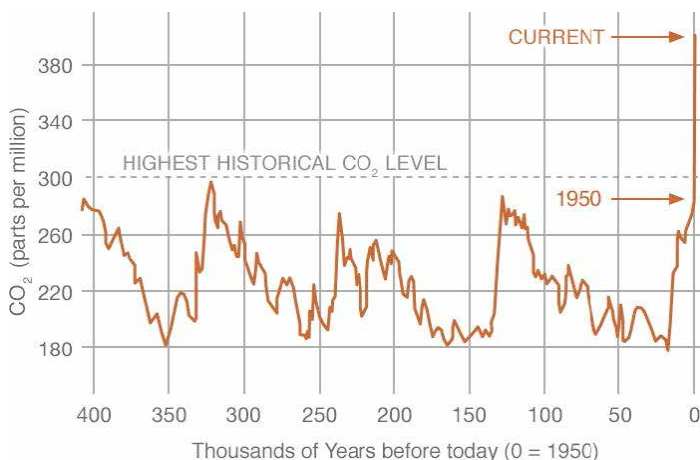
El clima de la Terra sempre ha canviat al llarg de la seva història, la última gran glaciació va ser fa uns 20.000 anys. No obstant, en el context actual la diferència rau en el fet que en les últimes dècades el planeta està patint un *escalfament global accelerat causat principalment per l'activitat humana*.

Per primer cop, doncs, la *societat* és la principal causa d'aquest canvi climàtic, i el seu comportament pot alterar-ne la intensitat i la velocitat.

A nivell mundial, en els últims 30 anys hi hagut un increment de la població entorn del 68%, un increment del consum d'energia del 30% i un increment de les emissions de gasos amb efecte hivernacle del 70%.

Aquests fenòmens socioeconòmics són la causa principal per la qual la concentració de CO₂ equivalent a l'atmosfera sigui avui un 40% superior a la de l'inici de la revolució industrial (any 1750). A octubre de 2017 la concentració de CO₂ és de 406,94 ppm (parts per milió) segons la NASA (*National Aeronautics and Space Administration, 2017*).

Figura 3. Evolució de la concentració de CO₂ a l'atmosfera en els últims 400 milions d'anys.
Font: NASA, NOAA, 2017. Reconstrucció a partir de mesures dels casquets polars.



Si la causa principal del canvi climàtic i l'escalfament global s'ha demostrat que és la societat, la magnitud de les seves conseqüències (o impactes climàtics) són encara projeccions i poden ser localment més intenses que les esperades a nivell global.

2.2. El canvi climàtic a Catalunya i a l'espai català transfronterer

A Catalunya es disposa d'un document tècnic de referència que identifica i quantifica els impactes del canvi climàtic utilitzant les mateixes projeccions i escenaris establerts per la IPPC (*Intergovernmental Panel on Climate Change - United Nations*) amb la col·laboració de diferents experts. Es tracta del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (TICCC)*⁴ 2016, elaborat pel Grup d'expert en canvi climàtic de Catalunya (GECCC) i promogut pel CADS (Consell assessor per al desenvolupament sostenible), l'OCCC (Oficina Catalana del Canvi Climàtic), el SMC (Servei Meteorològic de Catalunya) i l'IEC (Institut d'Estudis Catalans).

Algunes de les dades climàtiques observades i concloents del TICCC són:

- *Temperatura i onades de calor*: Nou dels deu anys més càlids de la història han tingut lloc des de l'any 2000. A Catalunya la temperatura mitjana anual s'ha incrementat en 1,5 °C en els últims 65 anys.

- *Sequeres i pluges torrencials*: En el període 1959-2010 s'ha observat una reducció en la precipitació a Catalunya d'entorn el -8%, i el -13% als Pirineus. Tot i que les dades de precipitació no són estadísticament significatives atès que el clima mediterrani presenta gran variabilitat pluviomètrica, la tendència és clara.

- *Nivell del mar*: El nivell del mar (dades mesurades per Josep Pascual a l'Estartit des de 1990) augmenta a un ritme de 3,9 cm/decenni i la temperatura de l'aigua del mar augmenta de manera estadísticament significativa a un ritme de 0,3°C/decenni en els primers 50 m de fondària.

- *Canvis en els patrons de nivació i pèrdua de superfície nevada*: S'ha observat una disminució de 5 cm de neu acumulada cada 10 anys i aquesta es fon cada any més aviat. Altrament ja no hi ha cap aparell glacial visible a Catalunya.

Tant aquestes evolucions climàtiques a Catalunya com les projeccions per a l'any 2050 del TICCC tenen conseqüències directes sobre el sector turístic i el territori en general:

- *Temperatura i onades de calor*: Per a l'any 2050 s'espera un increment de la temperatura mitjana de 1,4°C, essent l'increment màxim a l'estiu i als Pirineus. S'espera un increment d'entre 20 i 30 nits tropicals l'any (amb temperatures superiors als 20°C) i un decreixement d'entre 30 i 40 nits amb glaçada (amb temperatures inferiors a 0°C). *Els principals riscos associats a aquests impactes climàtics són*: onades de calor extrema i sequeres, incendis forestals, plagues, desajustos en la floració i la pol·linització,

4 Més informació sobre el «Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya» (TICCC) a: http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/TERCER_INFOME_CANVI_CLIMATIC_web.pdf

increment de la mortalitat per malaltia, i transmissió de malalties extintes a Catalunya (dengue, chikungunya, malària).

- *Sequeres i pluges torrencials*: Les projeccions climàtiques del TICC3C preveuen períodes de sequera més llargs, especialment a l'estiu, així com pluges torrencials (distribució anormal i concentrada de la pluviometria). S'espera una pèrdua d'un 10% en la precipitació mitjana, amb un increment de l'escassetat d'aigua considerable (del 9,4% als Pirineus, 18,2% a l'Interior i 22% al Litoral), i un increment de l'evapotranspiració. *Els principals riscos associats a aquests impactes climàtics són*: un increment en el risc d'inundació i d'incendis, sequeres importants, erosió i esllavissades, inundacions, etc.

- *Nivell del mar*: Per a l'any 2050 les projeccions mostren un increment del nivell del mar d'entre 1 i 3 m, a més de l'increment de la temperatura i l'acidificació de les aigües marines. *Els principals riscos associats a aquests impactes climàtics són*: pèrdua dels hàbitats litorals, zones humides, deltes, platges turístiques,..., erosió de les platges i plagues (meduses, etc.), inundació de les zones costaneres i llevantades (on es concentra la major densitat de població), pèrdua d'infraestructures (ports, carreteres, trens, zones urbanes, etc.), pèrdua de biodiversitat i recursos (pesca, agricultura i turisme).

- *Canvis en els patrons de nivació i pèrdua de superfície nevada*: Les projeccions preveuen una reducció de les nevades per a l'any 2050, tot i que les dades no són estadísticament significatives. *Els principals riscos associats a aquests impactes climàtics són*: escenari d'escassetat d'aigua i de manca de neu, pèrdua d'hàbitats i espècies, vulnerabilitat del turisme d'esquí, etc.

3. EL MARC EUROPEU: MITIGACIÓ I ADAPTACIÓ LOCAL

3.1. Diferència entre mitigació i adaptació

Davant de l'escalfament global i del canvi climàtic, les administracions, els sectors econòmics i la ciutadania en general haurien de dur a terme actuacions de *Mitigació* (reducció de les emissions de gasos amb efecte hivernacle) i d'*Adaptació* al canvi climàtic (prevenir, lluitar i preparar-se pels impactes climàtics).

La Mitigació suposa reduir les emissions de gasos amb efecte hivernacle (CO₂) *actuant sobre la causa del canvi climàtic*, així com millorar els embornals de carboni. En aquest sentit la UE va impulsar els PAES (Plans d'acció local per l'energia sostenible) que tenen per objectiu reduir les emissions, augmentar l'eficiència energètica i l'ús d'energies renovables a partir d'acords voluntaris que adopten les administracions locals (Pacte d'alcaldes per una energia sostenible 20/20).

L'Adaptació suposa prevenir, lluitar i preparar-se pels impactes climàtics (sequeres, onades de calor, pluges torrencials, pujada del nivell del mar, manca de neu...) i les seves conseqüències (incendis forestals, inundacions, escassetat d'aigua, intrusió salina, al·lèrgies, epidèmies...), *actuant sobre el territori per fer-lo més resilient i menys*

vulnerable. En aquest sentit la UE està impulsant els PAESC (Plans d'acció local per l'energia sostenible i el clima) que tenen per objectiu reduir les emissions, augmentar l'eficiència energètica i l'ús d'energies renovables, i també planificar accions d'adaptació al canvi climàtic a partir de l'anàlisi de la vulnerabilitat territorial de les administracions locals que s'adhereixin voluntàriament a l'acord (nou Pacte d'alcaldes pel clima i l'energia 40/30).

En resum, la *Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic del Parlament de Catalunya* defineix com:

- Mitigació: intervenció antropogènica que té per objectiu reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle o millorar els embornals
- Adaptació: capacitat d'ajust dels sistemes naturals o humans al canvi climàtic i als seus impactes per a moderar-ne els danys o aprofitar-ne les oportunitats.

En aquests marc legal, europeu i català, les administracions locals, sense deixar de fer accions de mitigació, han de començar a incorporar l'adaptació a totes les seves polítiques, ja que el canvi climàtic és un qüestió transversal que afecta a totes les àrees d'un ajuntament (urbanisme, mobilitat, sanejament, abastament, medi ambient, salut, serveis socials, cultura, promoció econòmica i turisme, etc.).

3.2. Antic pacte d'alcaldes per una energia sostenible (20/20) - PAES

L'Oficina del Pacte d'Alcaldes pel Clima i l'Energia (Covenant of Mayors for Climate & Energy⁵ COMO) de la Unió Europea és l'entitat responsable d'agrupar, coordinar i donar suport tècnic a les administracions i autoritats locals que s'hi han adherit i que s'han compromès voluntàriament a aplicar els objectius climàtics i energètics de la UE.

Abans del dia 01/11/2015 les administracions locals que ho desitgessin podien adherir-se a l'antic pacte dels alcaldes (*Pacte d'alcaldes per una energia sostenible*) signant un manifest en el qual aquestes es comprometien a reduir les emissions de gasos amb efecte hivernacle en un 20%, millorar l'eficiència energètica en un 20% i incrementar l'ús d'energies renovables en un 20% per a l'any 2020, mitjançant la redacció i execució de PAES locals (mitigació).

3.3. Nou pacte d'alcaldes pel clima i l'energia (40/30) – PAESC i ECTAdapt

L'Oficina del Pacte d'Alcaldes pel Clima i l'Energia de la UE va posar en marxa un nou pacte (*Pacte d'alcaldes pel clima i l'energia*) que a més d'objectiu de mitigació d'emissions més estrictes (reducció del 40% de les emissions de gasos amb efectes hivernacle per a l'any 2030), incorpora l'anàlisi de la vulnerabilitat territorial al canvi climàtic i la

5 Més informació sobre la COMO (Covenant of Mayors Office) a:
http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html

planificació d'accions d'adaptació, mitjançant la redacció i execució de PAESC locals (mitigació + adaptació).

Amb la qual cosa, els municipis que no s'hagin adherit al pacte amb anterioritat al 01/11/2015 i que vulguin adherir-s'hi, hauran de signar l'adhesió al nou pacte (40/30) amb els nous compromisos de mitigació i d'adaptació, i redactar un PAESC.

En aquest context i en el marc del projecte ECTAdapt, la línia estratègica 3 preveu l'acompanyament i suport tècnic en la redacció dels PAESC als municipis de l'ECT mitjançant l'elaboració d'una metodologia transfronterera de PAESC, l'execució de 4 plans pilot a diferents municipis i la promoció de l'adhesió de les administracions locals al nou pacte d'alcaldes.

Fins al moment, la Diputació de Girona, mitjançant la seva línia d'ajuts «Del pla a l'acció» ha donat subvencions a les administracions locals per l'execució de les accions recollides en els PAES i en els PALS (Agenda 21), i és de preveure que aquests subvencions siguin extensibles als nous PAESC.

3.4. Impactes climàtics i sectors segons la UE












La metodologia marc de la UE⁶ (COMO) per a la redacció dels PAESC municipals, estableix el següent *marc conceptual*:

















- Els impactes climàtics a partir dels quals cal analitzar la vulnerabilitat del territori són:
 - Onades de calor (calor extrema)
 - Onades de fred (fred extrem)
 - Precipitació extrema
 - Inundacions
 - Pujada del nivell del mar
 - Sequeres i escassetat d'aigua
 - Tempestes
 - Eslavissades
 - Incendis forestals
 - [Altres: Canvis en el patró de nivació]
- Els sectors i temàtiques vulnerables als impactes climàtics anteriors, sobre els quals cal planificar accions d'adaptació (a més de les de mitigació) són:
 - Edificis
 - Transport
 - Energia
 - Aigua
 - Residus
 - Planificació urbanística

6 «Guía para la presentación de informes del Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía» (COMO): http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/Reporting_Guidelines_Final_ES.pdf

- Agricultura i sector forestal
- Medi ambient i biodiversitat
- Salut
- Protecció civil i casos d'emergència
- *Turisme*
- [Altres: Litoral i sistemes costaners]
- [Altres: Activitats econòmiques i indústria]

Figura 4. Temàtiques i sectors vulnerables als impactes climàtics, sobre els quals cal planificar accions de mitigació (PAES) i d'adaptació (PAESC). *Font: elaboració pròpia, 2017.*

		MITIGACIÓ					
		ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR
PAES 			Edificis: municipals, residencials i terciaris		Producció local d'energia		Gestió de residus
			Enllumenat públic		Calefacció i refrigeració urbanes		Altres sectors
			Transport municipal: públic i privat		Contractació pública de productes i serveis		
			Transport municipal: públic i privat		Participació ciutadana		

		ADAPTACIÓ									
		ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR	ICONA	SECTOR
PAESC  			Edificis: municipals, residencials i terciaris		Aigua		Agricultura i sector forestal		Protecció civil i emergències		Contractació pública de productes i serveis
			Transport*		Residus		Medi ambient i biodiversitat		Turisme		Participació ciutadana
			Energia*		Planificació urbanística		Salut		Litoral i sistemes costaners		

A l'hora de definir les accions d'adaptació en els PAESC cal considerar les competències municipals.

A Catalunya les *competències municipals* es defineixen en la *Llei 7/1985, del 2 d'abril, reguladora de les bases de règim local*, i en el *Decret Legislatiu 2/2003, de 28 d'abril, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei municipal i de règim local de Catalunya* i són: abastament d'aigua, clavegueram, accessos al nucli de població, pavimentació i conservació de les vies públiques, enllumenat públic, residus, neteja, parcs públics, prevenció i extinció d'incendis, protecció civil, transport col·lectiu, etc. La legislació sectorial també atorga competències als ens locals en matèria de planejament territorial, protecció dels espais naturals i en infraestructures. I en casos determinats, la legislació determina que és competència municipal qualsevol actuació considerada d'interès públic.

Figura 5. Distribució de competències municipals a Catalunya en funció del nombre d'habitants. S'indiquen en groc les competències municipals relacionades amb la mitigació, i en blau les relacionades amb l'adaptació. *Font:* Guia per redactar els Plans d'Acció per l'Energia Sostenible i el Clima a la província de Barcelona. Diputació de Barcelona, 2016.

Tots els municipis	Més de 5.000 hab.	Més de 20.000 hab.	Més de 50.000 hab.
<p>Enllumenat públic</p> <p>Recollida de residus</p> <p>Neteja viària</p> <p>Abastament d'aigua</p> <p>Clavegueram</p> <p>Accessos al nucli de població</p> <p>Pavimentació i conservació de les vies públiques.</p>	<p>Parcs públics</p> <p>Tractament de residus</p>	<p>Prevenió i extinció d'incendis</p> <p>Protecció civil¹</p>	<p>Transport col·lectiu urbà de viatgers</p> <p>Protecció del medi</p>

4. TURISME I MUNICIPIS TURÍSTICS A LES COMARQUES GIRONINES

4.1. Diferència entre temps i clima en el sector turístic

Pel sector turístic el temps (a curt termini) és més influent que el clima (a llarg termini), no obstant, és el clima el que posa en perill la seva continuïtat (estacions d'esquí, camps de golf, càmpings i urbanitzacions a primera línia de mar, etc.).

El sector turístic principalment té en compte el temps (les condicions i fenòmens de l'atmosfera en un lloc i moment determinat) i obvia el clima (conjunt de condicions atmosfèriques i ambientals pròpies d'una regió: clima mediterrani, clima atlàntic, clima tropical, etc.) i el seu canvi imminent.

Per tal que el territori i l'activitat turística siguin resilients és indispensable que el sector comenci a considerar les projeccions climàtiques i a analitzar la viabilitat -no només econòmica sinó també ambiental-, de romandre en un determinat lloc o de donar continuïtat a una gestió insostenible en el temps.

Actualment, tot i la regressió de les platges i de la nivació, l'oferta turística continua augmentant.

4.2. Municipis turístics a les comarques gironines

L'any 2016 van visitar la demarcació de Girona (Costa Brava i Pirineu de Girona) més de 5 milions de turistes, un 4,6% més que el 2015, amb gairebé 20 milions de pernотacions a la demarcació, segons les dades de l'Observatori de Turisme de Catalunya. Atès que la població de la demarcació de Girona és de més de 750.000 persones és

rellevant observar que *el nombre de turistes multiplica per 7 el nombre d'habitants de les comarques gironines.*

Dels 222 municipis de la demarcació de Girona, 41 són municipis turístics a efectes d'horari comercial segons la llei de comerç (*Llei 18/2017, de comerç, serveis i fires*). Aplicant la llei de comerç els municipis poden sol·licitar voluntàriament la consideració de municipi turístic per tal de poder regular el seu horari comercial.

No obstant, segons la *Llei 13/2002, de turisme de Catalunya* tenen la consideració de municipis turístics els que compleixin almenys una de les dues condicions (article 18):

a) Que la mitjana ponderada anual de població turística sigui superior al nombre de veïns i el nombre de places d'allotjament turístic i de places de segona residència sigui superior al nombre de veïns.

b) Que el terme municipal inclogui una àrea territorial que tingui la qualificació de recurs turístic essencial.

Atès que encara no s'ha desenvolupat el reglament de la llei de turisme de Catalunya, no es disposa de la llista definitiva dels municipis turístics.

Tenir la categoria de municipi turístic suposa un *drets* (establiment de l'horari comercial i prioritat en el Pla d'inversions de Catalunya) però també uns *deures* (tal com es recull en l'article 19 de la *Llei 13/2002 de turisme*):

1. Sens perjudici dels serveis mínims establerts amb caràcter general i de les competències que corresponen a altres administracions públiques, els municipis turístics han de prestar també els serveis següents:

a) La protecció de la salubritat pública i de la higiene en tot el terme municipal, incloses les platges i les costes.

b) La protecció civil i la seguretat ciutadana.

c) La promoció i la protecció dels recursos turístics del terme municipal.

d) La senyalització turística i d'informació general, d'acord amb els criteris d'homogeneïtzació que siguin determinats per reglament.

e) L'atenció i l'orientació als usuaris turístics, mitjançant una oficina d'informació adherida a la Xarxa d'Oficines de Turisme de Catalunya, amb els serveis i el règim horari mínim que siguin determinats per reglament.

f) La posada a disposició dels usuaris turístics d'un servei d'accés a Internet, d'utilització puntual, en l'oficina d'informació turística o en altres llocs de consulta oberts al públic.

g) Les funcions ambientals que els corresponguin, d'acord amb la normativa sectorial.

2. Els municipis turístics han de prestar, a banda dels que estableix l'apartat 1, els serveis mínims que corresponguin al volum de població resultant de sumar el nombre de residents amb la mitjana ponderada anual de població turística. També poden establir, d'acord amb la legislació de règim local, i en funció de llurs necessitats, altres serveis complemen-

taris, que poden prestar temporalment, o amb intensitats diverses, en funció de l'afluència turística.

En un context de canvi climàtic, aquests requeriments legals seran encara més difícils d'assolir per als municipis turístics.

4.3. Adaptació al canvi climàtic del sector turístic

Analitzant el marc conceptual establert per la UE (veure apartat 4.4), *tots els impactes climàtics afecten directament al sector turístic.*

D'acord amb la *Llei 16/2017, de l'1 d'agost, del canvi climàtic* i d'acord amb el *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (TICCC) algunes de les accions d'adaptació del sector turístic podrien ser:

- Nou model turístic que avaluï les noves situacions climàtiques (el clima i no només el temps, canvi de model de “sol i platja” i d'esquí a turisme cultural i de natura)
- Desestacionalització i diversificació d'activitats i productes turístics.
- Mesures d'estalvi i reutilització de recursos (aigua, energia, residus, dessalinització, etc.) per garantir els serveis bàsics municipals.
- Prevenció, autoprotecció i evacuació de ciutadans en casos d'emergència (allaus, llewantades, etc.).
- Ecocertificació del sector turístic.
- Establir límits de capacitat de càrrega i redistribuir la pressió turística al llarg de l'any (diversificació de l'oferta i la demanda).
- Renaturalització de platges (dunes) i protecció del litoral (espigons, dics).
- Transformació i reorientació (estacions d'esquí a estacions de muntanya).
- Concentració i dissuasió en el territori de la pressió turística per a la protecció d'àrees d'interès natural.
- Reubicació i re-planejament urbanístic (urbanitzacions litorals, càmpings, camps de golf, estacions d'esquí, etc.).
- Nature Based Solutions (NBS) i tractaments urbanístics tous i verds.
- Sensibilització i informació dels actors del sector i dels turistes.
- Taxes turístiques i compensació d'emissions de CO₂ en el viatge.

En definitiva, l'adaptació al canvi climàtic del sector turístic passa per la diversificació de l'oferta turística, la sostenibilitat en la gestió dels recursos i la no expansió.

Altrament, cal tenir en compte a l'hora de definir accions d'adaptació el concepte de «mala adaptació». Les accions han d'assegurar els efectes positius, considerant bones pràctiques, mesures win-win, etc. però en cap cas les actuacions han de suport un

increment de la despesa energètica, de les emissions, dels costos ambientals o de la vulnerabilitat (per exemple: instal·lar plantes dessalinitzadores per a donar continuïtat a equipaments turístics quan l'actuació suposi un increment de consums energètics, de recursos i d'emissions).

En el marc del projecte ECTAdapt, es desenvoluparà una metodologia transfronterera per a la redacció dels PAESC i un checklist d'accions d'adaptació al canvi climàtic per sectors (veure apartat 4.4). Del sector turístic, tot i no ser una competència municipal directe a Girona, per bé que si ho és la promoció econòmica, es desenvoluparan accions tipus que les administracions locals podran desenvolupar en els seus PAESC municipals.

BIBLIOGRAFIA

Publicacions:

Ana Rita Neves, et al. (2016) «*Guía para la presentación de informes del Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía*». Covenant of Mayors & Mayors Adapt Offices. Doi: 10.2790/6602

Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya (2016) «*Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*». ISBN: 978-84-9965-317-4

Oficina Tècnica de Canvi Climàtic i Sostenibilitat (2016) «*Guia per redactar els Plans d'Acció per l'Energia Sostenible i el Clima a la província de Barcelona*». Diputació de Barcelona

Planes web:

CILMA - ECTADAPT: <http://www.cilma.cat/?p=184653> [consultat: 25 d'octubre de 2017]

COMO (COVENANT OF MAYORS OFFICE): http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html [consultat: 25 d'octubre de 2017]

NASA – GLOBAL CLIMATE CHANGE: <https://climate.nasa.gov/> [consultat: 25 d'octubre de 2017]

TURISME I CANVI CLIMÀTIC ALS PIRINEUS

AUTORS: JUAN TERRÁDEZ¹, IDOIA ARAUZO¹,

COAUTORS: MARC PONS^{2,3}, ISIDOR PEIRATO⁴

1. Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic de la Comunitat de Treball dels Pirineus, 2. Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra,

3. Observatori de la Sostenibilitat d'Andorra,

4. Communauté de communes Pyrénées Cerdagne

j.terradez@ctp.org

Resum

El sector turístic es caracteritza per ser un dels motors socioeconòmics dels territoris Pirinencs. Els factors climàtics i el temps meteorològic són decisius en la percepció de l'atractiu turístic de les diverses destinacions i en l'elecció final dels turistes (Eurostat, 2016). Des del punt de vista de l'elecció dels turistes, el canvi climàtic pot I) alterar les condicions de confort tèrmic, amb efectes directes en els turistes, II) influir en les condicions necessàries per practicar certes activitats turístiques com l'esquí alpí i III) variar l'atractiu turístic d'algunes destinacions de muntanya a través d'alteracions ambientals amb efectes contextuais negatius.

Molt probablement, el canvi climàtic provocarà I) una disminució de l'atractiu turístic d'algunes estacions d'esquí, II) l'alteració d'alguns elements iconogràfics del paisatge Pirinenc i III) un increment dels riscos de les infraestructures turístiques en els esdeveniments meteorològics extrems.

1. REDUCCIÓ DE L'ATRACTIU TURÍSTIC HIVERNAL D'ALGUNES ESTACIONS D'ESQUÍ

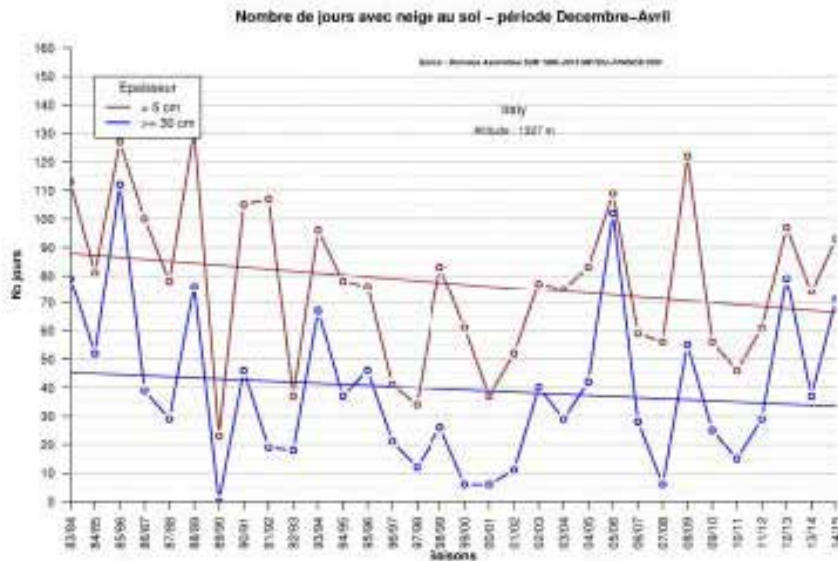
El turisme d'hivern és la font d'ingressos principal i la força motriu del desenvolupament local en moltes zones dels Pirineus (OMT, 2015). Tanmateix, en els últims anys, aquest sector ha estat identificat com a extremadament vulnerable als efectes del canvi climàtic (Pons *et al.*, 2015; EEA, 2016). L'augment significatiu de les temperatures mitjanes, màximes i mínimes hivernals registrat en ambdós costats del massís durant el segle passat (OPCC, 2013) i l'elevada sensibilitat de la neu a l'increment de les temperatures han derivat en una disminució hivernal de la proporció de precipitacions en forma de neu i en un augment de l'energia disponible per a la fusió de la neu. Com a conseqüència, està disminuint el nombre de dies amb una acumulació de neu suficient per poder desenvolupar

Quadre 1. El projecte FEDER EFA082 / 15 OPCC2

L'Observatori Pirinenc del Canvi Climàtic o OPCC té com a objectiu monitorar i comprendre el fenomen del canvi climàtic als Pirineus per ajudar els seus territoris a adaptar-se als impactes observats i previstos. L'OPCC és una iniciativa de cooperació territorial transfronterera de la Comunitat de Treball dels Pirineus (CTP), llançada el 2010 sota la presidència de l'antiga regió Midi-Pyrénées. Els membres del CTP i, conseqüentment, de l'OPCC són els governs d'Aragó, Nova Aquitània, Catalunya, Euskadi, Navarra, Occitània i el Principat d'Andorra. La seva ambició és convertir-se en una plataforma de referència sobre canvi climàtic i adaptació als Pirineus, a través d'una política de cooperació, transparència i intercanvi d'informació. Actualment, l'Observatori està duent a terme el projecte OPCC-2, que s'ha estructurat i promogut per continuar la línia de treball de l'OPCC i capitalitzar els resultats de les investigacions principals sobre la temàtica que s'estan duent a terme en el massís. La Comunitat de Treball dels Pirineus és el cap de fila de l'OPCC-2, que integra, a més, 6 socis estratègics provinents d'ambdós vessants de la serralada i que lideren els eixos temàtics següents: Universitat de Saragossa (UNIZAR), per a climatologia; l'Institut d'Ecologia dels Pirineus (IPE) del CSIC, per a ecosistemes sensibles d'alta muntanya (llacs i torberes); Forespir, per a l'eix de boscos; el Conservatori Botànic dels Pirineus, per a la flora, i l'Estació Experimental Aula Dei del CSIC (EEAD) amb l'Agència de Recerca Geològica i Minera (BRGM) per als recursos hídrics. Els primers quatre socis també coordinen com a caps de fila els 4 projectes programats i associats amb l'Observatori: Climpy, Replim, Canopee, Florapayr i Piragua, respectivament. L'OPCC coordina i harmonitza la comunicació i la difusió dels principals resultats i coneixement generats sobre el canvi climàtic en el massís. Una de les accions més importants és la plataforma web d'informació que integrarà unes bases de dades de bones pràctiques d'adaptació geolocalitzades i el geoportal d'informació cartogràfica específica. L'objectiu de la plataforma és recopilar, sistematitzar i facilitar l'accés a la màxima quantitat d'informació rellevant pel que fa adaptació al canvi climàtic als Pirineus. L'Observatori publica regularment informes sobre impactes, vulnerabilitat i adaptació. La propera publicació està prevista per a la primera meitat de 2018. L'Observatori també organitza seminaris científics i tallers sectorials per promoure la participació i la difusió d'informació sobre el canvi climàtic als Pirineus cap als sectors socioeconòmics i altres actors interessats.

lupar amb normalitat les diverses modalitats d'esquí alpi, juntament amb una migració a cotes superiors de la línia d'acumulació de la neu (Minder, 2010; López-Moreno *et al.*, 2013). En un estudi recent sobre l'evolució de la capa de neu i del nombre de dies esquiables a les estacions d'esquí dels Pirineus, s'ha determinat que, durant el període comprès entre els anys 1960 i 2010, el nombre de dies anuals amb un gruix de la capa de neu inferior a 30 cm i 100 cm ha disminuït notablement a totes les estacions d'esquí, i s'ha ac-

Figura 1. Evolució del nombre de dies amb neu a terra durant la temporada d'hivern (de desembre a abril) a Iraty (1.327 m) des de desembre de 1983. La corba marró representa el nombre de dies amb més de 5 cm de gruix i la corba blava indica l'evolució del nombre de dies amb més de 30 cm de gruix. *Font:* Climathd, 2017.



centuat especialment a les estacions a cota baixa (5-70 % i 42-100 %, respectivament) i a cota mitjana (4-20 % i 20-65 %, respectivament) (Gilaberte-Búrdalo *et al.*, 2017). A més s'ha anat posposant progressivament la data d'inici de la temporada d'esquí, amb retards d'entre 5 i 55 dies a les estacions a cota baixa i entre 5 i 30 dies a les estacions a cota mitjana. Aquest desfasament sovint comporta una reducció dels ingressos anuals, amb importants implicacions econòmiques per a les estacions. Com que, sovint, el retard de l'inici de la temporada de neu coincideix amb la temporada de més demanda turística a les estacions d'esquí, les estacions es veuen cada vegada més obligades a recórrer a la innivació artificial per romandre operatives, amb repercussions econòmiques importants a causa de la despesa energètica, de manteniment i gestió dels equips d'innivació artificial. Tenint en compte altres aspectes socioeconòmics, cal esmentar que l'augment de la demanda hídrica per a producció de neu podria ser complicada de gestionar en un context d'escassetat hídrica creixent, i fins i tot podria desembocar en conflictes entre sectors amb demandes hídriques elevades.

D'altra banda, és probable que l'augment de les temperatures hivernals afecti negativament la capacitat de produir neu artificial de forma eficient. Com a conseqüència, els costos de producció es podrien elevar gradualment, alhora que disminueix el nombre de dies aptes per poder produir neu artificial (Steiger i Abegg, 2013; Pons *et al.*, 2015)

La producció de neu artificial a gran escala, a més de posar en risc la rendibilitat econòmica de les estacions d'esquí, comporta una sèrie d'externalitats ambientals (Steiger i Abegg, 2013). En concret, l'ús massiu d'aquest recurs té efectes negatius sobre la vegetació i, al seu torn, sobre el potencial erosiu dels vessants. D'altra banda, també podria augmentar el risc d'alteració de la qualitat de l'aigua retornada al medi a causa de la presència potencial d'additius.

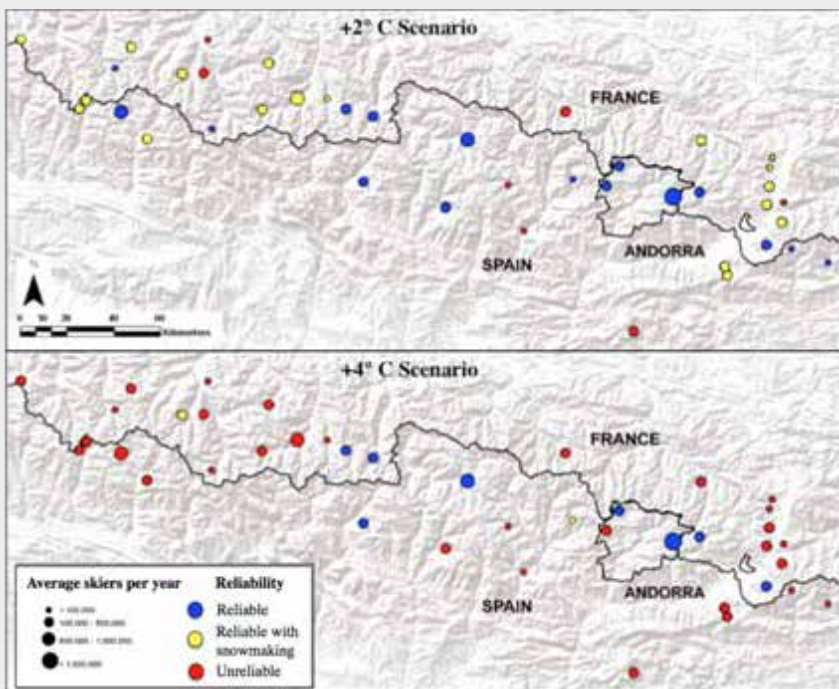
Pel que fa a la situació futura, els models climàtics principals coincideixen en un agreujament de la situació actual per a mitjans i finals d'aquest segle. En general, s'esperen increments mitjans de les temperatures de fins a +2 °C per al 2070 i de fins a +4 °C per al 2100 als Pirineus (López-moreno *et al.*, 2009). Si aquests escenaris es confirmessin, tant el gruix del mantell nival com la superfície de coberta de neu continuarien disminuint cada vegada més en els propers decennis, cosa que provocaria una contracció de la superfície esquiable total. D'altra banda, també es produirien alteracions considerables del cicle hidrològic amb conseqüències en els ecosistemes sensibles d'alta muntanya i en la biodiversitat. En conjunt, és probable que la suma d'aquests factors imposi desafiaments importants per al sector turístic hivernal (Déqué, 2011; Kovats *et al.*, 2014; EEA, 2016).

Quadre 2. Vulnerabilitat futura i adaptació de les estacions d'esquí dels Pirineus

Pons *et al.* (2015) han estimat la vulnerabilitat futura de les estacions d'esquí dels Pirineus, en consideració a l'impacte del canvi climàtic en la capacitat d'operar de les estacions d'esquí en ambdós vessants dels Pirineus (figura 2).

En l'estudi, els autors van avaluar la capacitat futura d'operar de les principals estacions d'esquí dels Pirineus en dos escenaris d'increment de les temperatures mitjanes (+2 °C, increment previst per a 2051-2070 de la temperatura mitjana hivernal i +4 °C per a 2071-2100) i amb la hipòtesi de l'ús o no de canons de neu artificial i tractament de pistes com a possible mesura d'adaptació. Segons els criteris dels autors, actualment, i durant una temporada mitjana d'esquí, el 93 % de les estacions dels Pirineus serien capaces d'operar normalment sense l'ús de neu artificial. Aquest percentatge s'eleva fins al 98 % amb l'ús de canons de neu artificial. Tanmateix, en un escenari d'increment de +2 °C, aquest percentatge es reduiria al 44 %, mentre que per a increments de les temperatures mitjanes de +4 °C el percentatge total d'estacions d'esquí amb plena capacitat d'operar baixaria al 7 %. Si bé l'ús de mesures d'adaptació tècniques com ara la producció de neu artificial tindria un impacte positiu en el primer escenari considerat (del 44 % al 85 %), en l'escenari de +4 °C, l'efecte de la producció de neu artificial seria residual i no suposaria cap increment significatiu del percentatge d'estacions d'esquí plenament operatives a causa de la disminució dels dies aptes per a la producció de neu artificial.

Figura 2. Evolució de la capacitat d'operar de les estacions d'esquí dels Pirineus sense la producció de neu artificial i incloent-hi la producció de neu artificial, per a dos horitzons temporals i escenaris futurs diferents (+2 °C, per a 2051-2070, i +4 °C per a 2071-2100). El color dels punts fa referència a les previsions sobre la capacitat d'operar de les estacions segons els escenaris. En blau, les estacions que es preveu que mantindran la capacitat d'operar; en groc, les estacions que podran mantenir la capacitat d'operar sempre que produeixin neu artificial, i en vermell, les estacions que es preveu que tindran dificultats per operar alguns anys, fins i tot produint neu artificial com a mesura d'adaptació. La mida dels punts és proporcional al nombre d'esquiadors anuals que rep cadascuna de les estacions estudiades. *Font: Pons et al., 2015.*



Encara que els estudis sobre l'impacte del canvi climàtic en el turisme d'hivern resulten poc encoratjadors per al sector, és important recordar que les estacions d'esquí dels Pirineus presenten diferències substancials en el grau de sensibilitat i vulnerabilitat al canvi climàtic, en funció de les diverses característiques, tant geogràfiques com topogràfiques o de gestió (Campos-Rodrigues *et al.*, 2016; Serrano i Moreno, 2017; Gilberte-Búrdalo *et al.*, 2017) (figura 3).

Figura 3. Criteris per a la classificació de nivells de vulnerabilitat de les estacions d'esquí alpí als Pirineus. Font: Campos-Rodrigues *et al.*, 2016.

Indicadores	Baja	Media	Elevada
Espesor máximo de nieve	173 - 258 cm	87 - 172 cm	0 - 86 cm
Altitud ²	Cota mínima por encima de los 2.000 m	El resto de las estaciones	Cota máxima por debajo de los 2.000 m
Proximidad a parques nacionales	< 10 km	10 - 20 km	> 20 km
Proximidad a espacios ZEPA	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Proximidad a espacios LIC	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Número de plazas hoteleras en la zona de influencia	> 6.000	3.000 - 6.000	< 3.000
Número de viajeros entrados en la provincia	> 1 millón	0,5 - 1 millón	< 0,5 millones

Aquesta heterogeneïtat en els nivells de vulnerabilitat ens porta a poder classificar les estacions en tres grups diferents. Un grup d'estacions considerades d'alta vulnerabilitat, en què tant un escenari de canvi climàtic mitjà com major n'afectaria l'activitat i per a les quals les mesures d'adaptació tècniques no serien suficients. Un grup de vulnerabilitat mitjana en què, davant d'un escenari mitjà de canvi climàtic, les mesures tècniques podrien ser suficients perquè es mantinguin operatives, però no en el cas d'escenaris de canvi més intensos (caldrà fer-hi una transformació dirigida a la desestacionalització de les estacions d'esquí i promoure-les com a estacions de turisme de muntanya). Finalment, el grup de les estacions més resilient, les característiques geogràfiques i socioeconòmiques de les quals els atorguen una sèrie d'avantatges competitius respecte a les altres segons Pons *et al.*, 2015. De fet, lluny de patir una reducció del nombre d'esquiadors, fins i tot podrien atreure els esquiadors de les estacions més vulnerables (Pons *et al.*, 2014). Si fos el cas, més que una reducció de tot el sector de l'esquí, el canvi climàtic podria provocar una redistribució del mercat, i, concretament, el trasllat d'esquiadors des de les estacions més vulnerables cap a les més resilient dels Pirineus.

2. ALTERACIÓ D'ELEMENTS ICONOGRÀFICS DEL PAISATGE PIRINENC

El canvi climàtic pot desencadenar impactes en el sector turístic dels Pirineus. L'impacte de l'escalfament global relacionat amb els canvis en el paisatge i especialment amb l'acceleració del procés de degradació d'alguns elements iconogràfics del paisatge d'alta muntanya com les torberes, les glaceres i els llacs (Stewart *et al.*, 2016).

Figura 4. Imatge de la glacera de Mont Perdut a l'estiu de 1981 (esquerra) i a l'estiu de 2011 (dreta). *Font: López-Moreno et al., 2016.*



D'altra banda, els efectes de l'escalfament global a la biodiversitat del massís, com els canvis fisiològics en els boscos, el desplaçament de les comunitats vegetals cap a cotes superiors o la reducció de la biodiversitat, podrien contribuir, juntament amb la degradació dels elements iconogràfics anteriorment esmentats, a la reducció de l'atractiva visual dels paisatges pirinencs. La utilització dels boscos per a usos recreatius també es podria veure afectada per l'increment del risc d'incendis forestals (Barrio *et al.*, 2008; Hystad i Keller, 2008), així com per la possibilitat que alguns rius i rierols s'assequin o que la qualitat de l'aigua es vegi afectada per la disminució de les precipitacions en algunes estacions de l'any (López-Moreno *et al.*, 2013).

3. INCREMENT DEL RISC DE LES INFRAESTRUCTURES TURÍSTIQUES ALS RISCOS CLIMÀTICS

La influència del canvi climàtic sobre els riscos hidrològics i els riscos derivats dels esdeveniments climàtics extrems es configura com un element d'inestabilitat capaç de generar danys molt importants a infraestructures relacionades directament i indirectament amb el sector turístic als Pirineus (complexos hotelers i apartaments rurals, refugis, instal·lacions de telecomunicacions, carreteres de muntanya i camins turístics) i, en alguns casos, fins i tot podria comprometre la integritat de les poblacions d'aquests llocs (Nogués-Bravo *et al.*, 2007). Les implicacions potencials de l'augment dels riscos hidrològics i meteorològics en el sector turístic inclouen tant els danys directes a persones com a danys a instal·lacions d'allotjament i d'infraestructura turística. Entre els fenòmens hidrològics i geològics potencialment calamitosos que més poden variar el seu comportament a causa del canvi climàtic s'inclouen les inundacions sobtades o avingudes provocades per l'augment de la freqüència de precipitacions intenses, els corriments i lliscaments de terra relacionats amb l'augment dels cicles de gel i desglaç provocat per l'augment de la variabilitat climàtica (Keiler *et al.*, 2010; Raia *et al.*, 2013).

4. PROLONGACIÓ DE L'ESTACIÓ DE TURISME DE MUNTANYA

El canvi climàtic també podria tenir efectes positius en el turisme de muntanya. L'extensió de l'estació estival i l'ocurrència de temperatures tendencialment més suaus a la primavera i la tardor, juntament amb el descens de les temperatures mínimes, podria suposar un increment de l'elecció de les destinacions turístiques de muntanya en detriment d'altres destinacions menys còmodes a causa de les altes temperatures (Isoard *et al.*, 2008). Això podria suposar una gran avantatge per als Pirineus en termes competitius respecte a zones turístiques de sol i platja, a mesura que els turistes vagin triant cada vegada més les zones de muntanya per a les vacances en comptes de les zones litorals, on les temperatures mitjanes i màximes més elevades podrien reduir notablement la idoneïtat climàtica de les cotes baixes (Bigano *et al.*, 2007).

Quadre 3. Reconversió de l'antiga estació d'esquí de Puigmal: un possible model de governança a seguir

L'antiga estació d'esquí de Puigmal és l'estació més alta del Pirineu francès, gràcies a unes cotes que parteixen dels 1.835 metres, i arriben fins a 2.665 metres d'altitud. Amb 300 hectàrees esquiables, tenia la superfície esquiable més extensa dels Pirineus Orientals. El complex hivernal de l'antiga estació es va crear el 1970 i l'ha gestionat el Syndicat Cerdagne Puigmal des de 1990, després que els sis municipis de Saillagouse, Estavar, Err, Palau-de-Cerdagne, Nahuja i Sainte-Léocadie decidissin unir-se per gestionar-ne les instal·lacions, malgrat que l'estació se situa completament al final municipal d'Err. El 2013 va acumular un deute de 9,2 milions d'euros (6,7 milions per inversions, i 2,5 per dèficit de facturació), que encara s'està pagant a través d'una línia de crèdit bancari.

La situació que va portar al tancament de l'estació va ser a causa de diversos factors. S'han de destacar 3 anys seguits amb nivells d'innivació molt baixa, que van provocar una fluctuació més gran del volum de negoci anual de l'estació. Això va augmentar les dificultats del consorci gestor per fer front a les importants inversions que es van dur a terme durant el 2009. En conjunt, la delicada situació econòmica va dificultar el pagament dels préstecs acumulats, cosa que, finalment, va obligar l'estació a tancar.

Des del tancament fins al 2016, el futur de l'estació va passar per una temporada d'incertesa durant la qual la Communauté de communes Pyrénées Cerdagne va dur a terme nombroses reunions amb els representants dels territoris i els actors locals per definir el futur de l'estació i gestionar el saldo dels deutes acumulats. Després d'aquest període d'anàlisi i reflexió, la Communauté de communes va decidir apostar per la reconversió total de l'antiga estació d'esquí cap a una estació de muntanya. Tot i que encara s'estan definint les accions concretes que s'implementaran per reconvertir l'estació, el projecte serà, sens dubte, una eina turística valuosa

per al territori, que oferirà noves oportunitats als seus habitants i la possibilitat de donar un impuls socioeconòmic als territoris dels voltants. Aquest projecte pilot, a més adaptar l'estació als desafiaments del canvi climàtic a través de la reconversió en una estació de muntanya —quatre estacions—, és un bon exemple d'integració d'una activitat socioeconòmica en el context d'un territori pirinenc. La desestacionalització de l'antiga estació a través de la diversificació de les activitats ofertes, a més d'augmentar-ne la resiliència davant del canvi climàtic, donarà resposta una demanda turística cada vegada més consolidada.

Figura 5: Relació del volum de negoci (*chiffre d'affaire*, en francès) i nombre d'esquiadors a l'estació de Puigmal durant les temporades d'esquí del 2003 al 2013. Font: Communauté de communes Pyrénées Cerdagne, 2017.

SAISON	CA TTC	JOURNÉES SKIEURS
2003/04	1 856 241	138 874
2004/05	1 005 230	74 937
2005/06	1 564 246	117 686
2006/07	631 618	60 761
2007/08	962 324	64 333
2008/09	2 143 438	119 350
2009/10	1 583 877	93 930
2010/11	1 228 696	77 419
2011/12	652 179	47 859
2012/13	675 202	40 592
moyenne	1 230 305	83 574

5. CONCLUSIONS

El turisme de neu als Pirineus presenta una vulnerabilitat elevada als impactes del canvi climàtic. Aquest sector és alhora un motor important en molts territoris del massís. La magnitud dels impactes previstos dependrà en gran mesura de les estratègies d'adaptació que prenguin els diversos actors del sector (turistes, agències de viatges majoristes i autoritats de gestió del sector) i de la seva capacitat de dur a terme una gestió adaptativa de l'activitat. D'altra banda, el signe d'aquests impactes també podria canviar entre les estacions d'esquí, en virtut de l'heterogeneïtat de condicions tant geogràficoambientals com de context socioeconòmic i sistemes de gestió. Entre

els desafiaments principals als quals haurà de fer front gran part del sector, durant aquesta sessió s'ha destacat la necessitat de readaptar els models de desenvolupament turístic actual per potenciar la resiliència del de les estacions davant de la disminució futura del nombre de dies esquiables. Durant aquest procés, serà crucial potenciar les oportunitats emergents per al turisme de natura i muntanya (concepte d'estacions de muntanya) sense perdre de vista les possibles externalitats ambientals de més pressió turística. En aquest sentit, caldrà reforçar les estratègies i plans de gestió del medi natural per reduir la vulnerabilitat dels ecosistemes i de la biodiversitat dels Pirineus, amb especial atenció als ecosistemes sensibles d'alta muntanya (ivons, glaceres, torberes, etc.). Respecte a la gestió dels recursos hídrics, caldrà assegurar una gestió equilibrada de l'aigua en el sector turístic, amb especial atenció a les conques alimentades per aigua de pluja amb relació a la producció de neu artificial, i en consideració als escenaris d'escassetat futura (p. ex., maximitzar-ne l'estalvi i l'eficiència). Finalment, però amb més urgència, caldrà assegurar la integritat física de les persones davant dels riscos hidrometeorològics i climàtics que es puguin veure agreujats pel canvi climàtic (revingudes, onades de calor, empitjorament de la qualitat de l'aire i de l'aigua etc.), especialment en zones d'aflluència turística ja afectades per aquest tipus de risc.

BIBLIOGRAFIA

- Bigano, A., Hamilton, J. M., Tol, R. S. J. (2007). «The Impact of Climate Change on Domestic and International Tourism: A Simulation Study». *Integrated Assessment Journal*, 7, 25-49.
- Climathd, 2017. <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>
- Campos Rodrigues, L. M., Freire-González, J., González Puig, A., Puig-Ventosa, I. (2016). «Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España». *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, (114), p. 96-114.
- Déqué, M., Martin, E., Kitova, N. (2011). «Response of the snow cover over France to climate change». *Res Atmospheric Ocean Model*, 41(7), 11-2.
- ESPON Climate (2011). *Climate change and territorial effects on regions and local economies. Scientific Report*. Institute of Spatial Planning (IRPUD), TU Dortmund University, Dortmund.
- EEA (2016). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*.
- Eurostat (2016). «Tourism statistics at regional level-Statistics explained» (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Tourism_statistics_at_regional_level).
- Gilaberte-Búrdalo, M., López-Moreno, J. I., Morán-Tejeda, E., Jerez, S., Alonso-González, E., López-Martín, F., Pino-Otín, M. R. (2017). «Assessment of ski condition reliability in the Spanish and Andorran Pyrenees for the second half of the 20th century». *Applied Geography*, 79, 127-142.

- Hystad, P. W., Keller, P. C. (2008). «Towards a destination tourism disaster management framework: Long-term lessons from a forest fire disaster». *Tourism Management*, 29(1), 151-162.
- Isoard, S., Watkiss, P., Voigt, T., Barredo, J., Kristensen, P., Menne, B. (2008) «Chapter 7.9: Tourism and recreation». A Saunders, P., Ullstein, B., Swart, R. (ed.), *Impact of Europe's changing climate, 2008 indicator -°C based assessment*. EEAReport No4/2008.European Communities Copenhagen, 187-189.
- Keiler, M., Knight, J., Harrison, S. (2010). «Climate change and geomorphological hazards in the eastern European Alps». *Philosophical Transactions of the Royal Society - Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1919), 2461-2479.
- López-Moreno, J. I., Goyette, S., Beniston, M. (2009). «Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees: Horizontal spatial variability and vertical gradients». *Journal of Hydrology*, 374(3), 384-396.
- López-Moreno J. I., Pomeroy J., Revuelto J., Vicente-Serrano S. M. (2013). «Response of snow processes to climate change: spatial variability in a small basin in the Spanish Pyrenees». *Hydrol Process*, 27(18), 2637-2650.
- López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Rico, I., Chueca-Cía, J., Julián, A., Serreta, A., García-Ruiz, J. M. (2016). «Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981». *The Cryosphere*, 10(2), 681-694.
- Minder, J. R. (2010). «The sensitivity of mountain snowpack accumulation to climate warming». *Journal of Climate*, 23(10), 2634-2650.
- Nogués-Bravo, D., Araújo, M. B., Errea, M. P., Martínez-Rica, J. P. (2007). «Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century». *Global Environmental Change*, 17(3), 420-428.
- OMT, 2015. Accés a l'informe: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416875>
- OPCC, 2013. *Estudio sobre la adaptación al cambio climático en los Pirineos*.
- Pons, M., Moreno, J. L., Esteban, P., Macià, S., Gavalda, J., García, C., Jover, E. (2014). «Climate change influence on winter tourism in the Pyrenees. Experience from the NIVOPYR research project».
- Pons, M., López-Moreno, J. I., Rosas-Casals, M., Jover, È., (2015). «The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate-induced changes in the snowpack». *Climatic Change*, 131(4), 591-605 (doi: 10.1007/s10584-015-1400-8).
- Raia, S., Alvioli, M., Rossi, M., Baum, R. L., Godt, J. W., Guzzetti, F. (2013). «Improving predictive power of physically based rainfall-induced shallow landslide models: a probabilistic approach». (arXiv preprint arXiv:1305.4803).

- Serrano, F. N., Moreno, J. L. (2017). «Spatio-temporal analysis of snowfall events in the spanish Pyrenees and their relationship to atmospheric circulation». *Cuadernos de investigación geográfica*, (43), 233-254.
- Steiger, R., Abegg, B. (2013). «The sensitivity of Austrian ski areas to climate change». *Tourism Planning & Development*, 10(4), 480-493.
- Stewart, E. J., Wilson, J., Espiner, S., Purdie, H., Lemieux, C., Dawson, J. (2016). «Implications of climate change for glacier tourism». *Tourism Geographies*, 18(4), 377-398.

LA VULNERABILITAT DEL TURISME DE NEU DAVANT EL CANVI CLIMÀTIC. L'EXEMPLE DEL PIRINEU CATALÀ

DAVID SAURÍ I JOAN CARLES LLURDÉS

Departament de Geografia
Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra (Barcelona)
David.sauri@uab.cat

Resum

Aquest treball se centra en avaluar els possibles efectes del canvi climàtic a les estacions d'esquí alpí del Pirineu català. Utilitzem la metàfora del canari a la mina per indicar com els dominis esquiables de certes àrees muntanyoses del Pirineu, especialment aquelles situades en cotes baixes i/o orientades al sud, poden experimentar les primeres manifestacions negatives del canvi climàtic al Pirineu. Després d'examinar breument la situació actual de l'esquí al Pirineu, el treball avalua la viabilitat de les estacions segons tres escenaris climàtics i la presència o no de neu artificial. En l'escenari mitjà (+ 2 °C de temperatura mitjana) pràcticament totes les estacions necessiten neu artificial, mentre que en l'escenari extrem (+ 4 °C) cap estació, tret de Baqueira Beret, pot assegurar la seva viabilitat en no ser possible la neu artificial. Com a alternativa es proposa la transició vers estacions de muntanya que limitin la dependència de la neu.

Paraules clau

Canvi climàtic, esquí, impactes, adaptació, Pirineu.

1. INTRODUCCIÓ

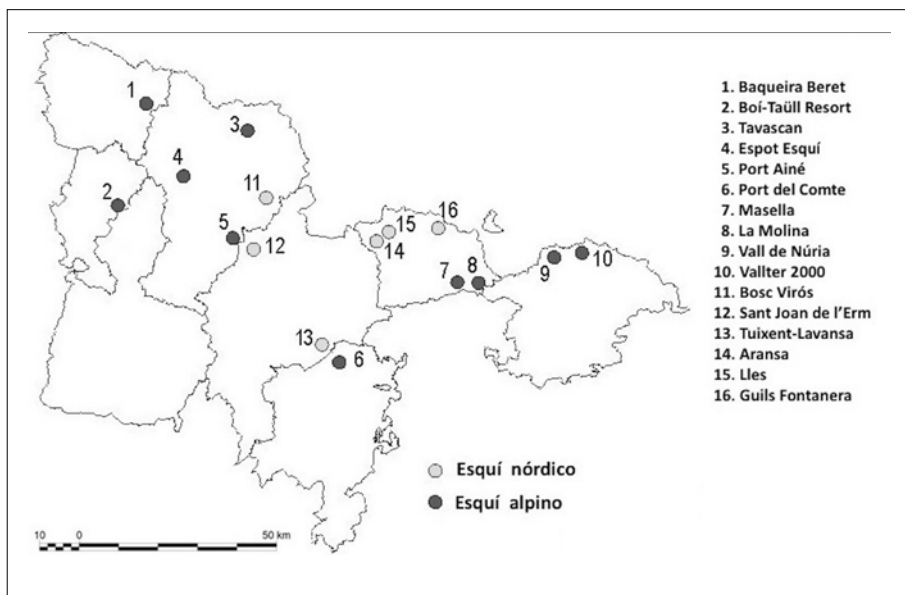
En temps passats a les mines (i també als laboratoris químics) era costum portar un canari a les galeries a fi de comprovar si hi havia emanacions d'algun gas tòxic; que el canari deixés de cantar s'interpretava, efectivament, com una indicació de la presència d'aquests gasos i, per tant, com un advertiment que calia evitar la galeria en qüestió. Doncs bé, en el cas dels impactes del canvi climàtic trobem ja molts «canaris a la mina» o, si més no, els primers advertiments dels impactes negatius que espera bona part de la humanitat com a conseqüència de l'augment de les temperatures. Aquests avisos es manifesten, per exemple, en la creixent acidificació dels oceans, amb efectes devastadors per a alguns ecosistemes marins (corall), o en la desaparició de les masses de gel als sistemes muntanyosos dels ambients temperats. En aquest sentit, i com un dels primers exemples dels impactes del canvi climàtic en l'activitat econòmica, el turisme vinculat a la pràctica dels esports d'hivern i particularment de l'esquí, també es podria considerar com un cas de «canari a la mina».

En aquest treball ens interessarem per la situació de les estacions d'esquí alpí del Pirineu català davant el canvi climàtic. En front d'un previsible augment de la temperatura i disminució de les precipitacions en forma de neu, examinarem les opcions disponibles que en un primer moment poden passar per la generació de neu artificial, però que tard o d'hora hauran d'entrar en un procés de reconversió vers estacions de muntanya, ja que molt probablement no podran garantir unes temporades d'esquí prou llargues com per rendibilitzar les instal·lacions.

2. PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES DE L'ESQUÍ A CATALUNYA

L'esquí a Catalunya es concentra en 16 estacions repartides entre les comarques de la Vall d'Aran (1), l'Alta Ribagorça (1), el Pallars Sobirà (4), l'Alt Urgell (2), el Solsonès (1), la Cerdanya (5) i el Ripollès (2) (figura 1). Es calcula que generen un impacte d'uns 350 milions d'€ anuals i uns 11.500 llocs de treball. Moltes veus afirmen que l'esquí és l'única activitat que, ara per ara, pot garantir la supervivència econòmica i social del Pirineu català, malgrat les pèrdues que genera (xifrades en 60 milions d'€ entre 2007 i 2016) i que han motivat que gairebé totes les estacions es trobin en mans públiques (Fraguell *et al.*, 2016). La gran excepció és Baqueira-Beret, l'estació d'esquí més important de la península i que per al conjunt del Pirineu català suma més d'un 40 % del forfets venuts. En relació amb aquests darrers, cal assenyalar el 1990 com l'any en què per primera vegada a la història s'arriba als 2 milions de forfets, mentre que el rècord absolut (que supera els 2,2 milions de forfaits) se situa a la temporada 2005-2006, en què coincideixen una situació de bonança econòmica amb condicions de neu molt favorables. A partir d'aleshores, però, el creixement s'atura i la xifra no depassa més els 2 milions, llevat d'aquesta darrera temporada (2016-2017), en què el nombre de forfets venuts ha tornat a superar els 2 milions (taula 1).

Figura 1. Estacions d'esquí alpí (i de fons) del Pirineu català. *Font:* Elaboració pròpia.



Són diverses les fonts que apunten a un estancament del mercat de l'esquí, a escala nacional i europea i també nord-americana (Vanat, 2014), mentre que altres mercats com l'asiàtic sembla que experimenten una forta expansió. Tot i això, iniciatives com ara l'increment i diversificació en el nombre de pistes, l'oferta de nous serveis o la difusió de noves modalitats d'esport no semblen generar una massa crítica d'esquiadors suficient per assegurar el futur. Altrament, atraure esquiadors de fora presenta el gran inconvenient que el gruix del mercat mai no pot estar en mans d'un sector que per força és reduït i que ha de dependre d'esquiadors locals. Finalment, tot i els intents de captar el segment escolar, la demografia i les pautes culturals també semblen anar en contra d'una expansió futura del nombre d'esquiadors.

Juntament amb aquestes ombres sobre el futur de l'esquí al Pirineu català, cal tenir present sempre que la presència de neu i el gruix i durada del mantell nival són factors clau per a la viabilitat de l'esquí. Segons dades del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (Martin-Vide *et al.*, 2016), l'augment de la temperatura al Pirineu entre 1950 i 2014 es pot xifrar en 0'23 °C per dècada. Durant el mateix període també es fa evident una disminució dels dies freds i dels dies amb neu (però no de les precipitacions en conjunt). Com a moltes altres estacions d'esquí del món, la producció de neu artificial ha esdevingut un factor del tot imprescindible per assegurar una durada mínima de les temporades d'esquí. A la taula 2 es fa palesa la importància creixent de la neu artificial, tant en nombres absoluts (el nombre de canons augmenta a totes les estacions i en conjunt, entre 2009 i 2016,

passa dels 2.200 a gairebé 2.700), com en nombres relatius (en almenys cinc estacions més de la meitat de les pistes es troben innivades amb neu artificial i, per a tot el conjunt, el percentatge de pistes amb neu artificial pràcticament és la meitat del total). Baqueira, que té el nombre més elevat de canons instal·lats, a la qual segueix la Masella, també amb el major nombre de pistes innivades amb neu artificial, no destaca gaire en termes relatius probablement per la gran extensió de l'estació i la presència de dominis esquiables on l'any 2016 no va fer falta la producció de neu. En qualsevol cas, Baqueira ja és l'estació més gran de l'estat i segons diferents escenaris, l'única que podria sobreviure a augments importants de la temperatura mitjana (vegeu més avall).

Taula 1. Estacions d'esquí alpí del Pirineu català. Evolució de forfets venuts (2010-2017).

Font: Elaboració pròpia a partir de dades dels webs

www.laneualdia.com / www.diaridelaneu.cat i www.nevasport.com

Nom estació	2010-2011 ¹	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Baqueira-Beret	776.274	765.191	784.339	772.555	795.000	888.773	808.120
Boí-Taüll	145.510	110.000	82.000	105.000	117.000	119.500	143.000
Espot Esquí	--	51.125	55.000	62.000	63.211	68.069	68.410
La Molina	300.678	226.000	285.000	316.926	265.798	238.131	330.491
Masella	402.987	336.045	380.000	400.000	380.000	393.000	430.000
Port-Ainé	--	73.751	85.000	85.000	105.296	110.384	111.290
Port del Comte	82.000	60.000	104.000	115.000	52.000	49.000	88.000
Tavascan	25.000	15.000	5.000	5.800	2.500	10.000	9.600
Vall de Núria	40.151	32.000	30.000	38.859	45.944	29.642	40.856
Vallter 2000	80.000	59.782	38.000	60.000	60.294	28.526	59.308
Total	2.008.580	1.728.894	1.856.339	1.961.140	1.887.093	1.935.025	2.089.236

¹Per a la temporada 2010-2011, la suma d'Espot Esquí i Port-Ainé fou d'uns 155.000 forfets.

La producció de neu artificial no està, però, exempta de polèmiques importants amb arguments de tipus econòmic i ambiental, tant a favor com en contra. Els arguments favorables defensen que es tracta d'un ús no consumptiu de l'aigua i que aquesta retorna al medi després de la fusió. També es diu que la despesa hídrica i energètica no és gaire elevada si es compara, per exemple, amb la despesa urbana. Així, es calcula que el total d'aigua usada en la producció de neu a totes les estacions d'esquí catalanes equivaldria al consum d'un dia a la ciutat de Barcelona. El mateix argument es fa servir en relació amb l'energia, amb una despesa semblant a la que tindria un avió *Jumbo* en un únic viatge d'anada i tornada d'Europa al Carib. Finalment, s'afirma que les estacions són molt respectuoses amb la normativa ambiental d'usos

Taula 2. Estacions d'esquí alpí del Pirineu català. Pistes innivades artificialment (2009-2016).
 Font: Fraguell et al. (2016) i Asociación Turística de Estaciones de Esquí i de Montaña (ATUDEM) (2016).

Estació	Km. àrea esquiable		Total pistes		Canons de neu		Km. pistes amb neu artificial		Percentatge sobre total pistes	
	2009	2016	2009	2016	2009	2016	2009	2016	2009	2016
Baqueira-Beret	108	156	69	104	549	629	39	43	36,1	30
Boí-Taüll	45,3	47	52	47	205	285	20,2	20,2	44,6	43,8
Espot Esquí	23'6	25	22	22	104	163	10,6	15	44,9	66,6
La Molina	60	68	52	63	440	480	27	37	45	54
Masella	68	74,5	74	65	418	558	33	49	48,5	66
Port-Ainé	32,5	26,7	22	25	90	126	12	11,5	36,9	35,9
Port del Comte	40,7	50	36	37	240	256	20	20	49,1	40
Tavascan	5	5	5	7	0	1	nd	nd	0	0
Vall de Núria	7,6	7,6	11	11	85	88	6,6	6,6	86,8	90
Vallter 2000	19,9	18,7	14	13	77	86	9	9	45,2	69,2
Total	411	478,5	347	394	2.208	2.672	177,4	211,3	48,6	49,5

prioritaris de l'aigua i cabals ecològics. Per contra, les veus crítiques asseguren que l'aigua procedent de la fusió de la neu artificial torna al medi en condicions diferents de qualitat, i sovint ho fa en una conca diferent a la de captació; que les quantitats d'aigua necessàries per produir neu artificial són molt elevades (285.000 litres per a una superfície de 60 m² i un gruix de 15 cm.); que la despesa energètica és també molt alta (els canons de neu suposen el 50 % de l'energia consumida a les estacions) i que moltes de les captacions d'aigua són il·legals. En tot cas, els costos econòmics de la neu artificial s'estimen en uns 2,5 milions d'€ per temporada per al conjunt d'estacions de l'Estat espanyol, xifra que probablement augmentarà en el futur i que resulta difícil de compensar amb la venda de forfets i amb la resta d'ingressos econòmics de les estacions (Campos *et al.*, 2016).

Tanmateix, els interrogants de major transcendència per a la neu artificial es troben en la pròpia evolució climàtica i els escenaris d'increment de les temperatures mitjanes. A partir dels treballs de Pons (2014) i de Pons *et al.* (2015) podem disposar de càlculs sistemàtics de viabilitat de les estacions d'esquí catalanes, amb i sense presència de neu artificial. En aquests treballs es preveuen tres escenaris en relació amb les temperatures mitjanes: un escenari amb una temperatura mitjana igual a l'actual, un segon escenari amb una temperatura mitjana 2 °C superior a l'actual, i un tercer que preveu una temperatura 4 °C superior a l'actual. A més, se suposa que una estació és viable de manera natural si disposa d'una coberta mínima de 30 cm. de neu durant un mínim de 100 dies per temporada. Per contra, la viabilitat tècnica implicaria la capacitat de poder produir neu artificial sota els tres escenaris citats. Finalment,

aquests autors classifiquen les estacions d'esquí en funció de la seva viabilitat natural i tècnica d'acord amb els tres escenaris de temperatura esmentats. En les condicions actuals, tres estacions (Espot, Port-Ainé y Port del Comte) no tindrien garantida la seva viabilitat natural i haurien de recórrer per força a la neu artificial. En l'escenari de + 2 °C, aquestes tres estacions no serien viables ni amb neu artificial, mentre que en l'escenari de + 4 °C cap estació ho seria ni tan sols amb neu artificial, llevat de Baqueira Beret.

En general, i per a tota l'àrea pirinenca, aquelles estacions situades a cotes més baixes i orientades al sud serien les més exposades a la manca de neu i/o a la manca de viabilitat en la producció de neu artificial. Una possible opció, per tant, seria ampliar els dominis esquiables a cotes situades a major altitud i orientades al nord, la qual cosa no sembla tampoc gaire factible per les limitacions orogràfiques. Dit d'una altra manera, les connexions entre estacions que també haurien permès ampliar aquests dominis (p. ex., de Baqueira cap a la vall d'Arreu, de Boí Taüll cap a la fallida estació de la Vall Fosca o la de la Molina amb Coll de Pal) romanen aturades. I d'altra banda, el canvi climàtic pot no ser l'únic problema ambiental que hagin d'afrontar les estacions d'esquí catalanes, molt especialment en relació amb l'aigua, un recurs cada cop més imprescindible si més no per assegurar la capacitat de producció de neu artificial. A la previsible disminució de les precipitacions que comportarà el canvi climàtic cal afegir encara un altre element de risc molt important, com és l'impacte en termes d'una menor disponibilitat d'aigua que suposaran certs canvis en els usos del sòl i, sobretot, el creixement de les cobertes forestals a les comarques pirinenques. Així, segons alguns estudis (p. ex., vegeu el projecte MEDACC), la quantitat d'aigua disponible a la capçalera de determinats rius amb origen en el Pirineu es pot veure reduïda fins al 50%.

El turisme d'hivern i la pràctica de l'esquí també es correlacionen bé amb la imatge del canari a la mina pel que fa a percepció social, especialment quan els comparem amb altres modalitats turístiques com el turisme de sol i platja. En enquestes fetes a residents al Pirineu per un costat, i a les zones turístiques del litoral català i balear per un altre, es va poder comprovar com la percepció de certs impactes del canvi climàtic (pel que fa a infraestructures turístiques, llocs de treball o activitat econòmica en general) era molt més acusada a les àrees del Pirineu pròximes a les estacions d'esquí que a les zones turístiques litorals (March *et al.*, 2013).

3. VIABILITAT DE LES ALTERNATIVES A LA PRÀCTICA D'ESPORTS D'HIVERN

Davant una situació bastant poc favorable a la pràctica d'esports d'hivern, almenys en les condicions actuals, la continuïtat de les estacions actuals passa per una transició cap a estacions de muntanya que, potenciant aquelles activitats no hivernals, pugui garantir una oferta desestacionalitzada. La taula 3 mostra un ventall d'aquestes altres activitats que ofereixen les estacions d'esquí, tot i que cal matisar

que sovint es tracta d'activitats que poden no realitzar-se estrictament en l'àmbit de l'estació, sinó en el territori proper, de la mateixa manera que també cal dir que de vegades l'oferta sobre el paper no es tradueix en una pràctica realment existent. Així, a l'any 2015 es van comptabilitzar un total de 53 activitats no hivernals, el que suposava un lleuger increment respecte del 2009 (42). La Molina i la Vall de Núria continuaven sent les estacions amb una oferta més variada, per bé que Baqueira també semblava efectuar una aposta decidida vers aquesta transformació, malgrat ser l'estació amb millors condicions per continuar amb la pràctica de l'esquí. Pel que fa als tipus d'activitats, el senderisme i la bicicleta de muntanya són les més habituals, pel fet que requereixen una escassa infraestructura i poden aprofitar camins i recorreguts ja existents.

Tanmateix, aquesta estratègia de desestacionalització es troba encara en una fase molt incipient, i les mateixes estacions sembla que no hi confien gaire, ja que posen un major èmfasi a reforçar l'esquí (amb mesures com més pistes, més remuntadors, més canons de neu artificial, polítiques agressives de preus, noves pràctiques com l'esquí nocturn, etc.). A banda d'això, també cal tenir en compte que els costos que té obrir fora de la temporada hivernal encara poden ser molt més elevats en relació amb els possibles beneficis de les altres activitats alternatives.

Taula 3. Estacions d'esquí alpí a Catalunya. Oferta d'activitats no hivernals (2015).

Font: Fraguell *et al.* (2016).

Estació	Activitats																			Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Baqueira-Beret				■				■	■	■	■	■	■							7
Boí-Taüll				■			■					■								3
Esport Esquí																		■		1
La Molina	■	■	■		■	■	■		■				■	■	■		■	■		12
Masella				■	■	■														3
Port-Ainé			■	■										■	■			■	■	4
Port del Comte			■	■	■	■			■		■			■	■					6
Tavascan									■	■		■								3
Vall de Núria	■	■	■	■		■	■					■	■	■	■				■	9
Vallter2000	■								■				■							5
Total	3	2	4	7	2	4	2	1	5	2	2	4	3	5	1	1	2	2	1	53

1. Rutes a cavall - ponis / 2. Barques / 3. Tir amb arc / 4. Senderisme i excursionisme / 5. Segway / 6. Tubbys / 7. Spa / 8. Esports tradicionals / 9. BTT, *Mountain skyver* / 10. Esports d'aigua, pesca / 11. Esports aeris i de muntanya / 12. Cultura / 13. Telecadira / 14. Circuit d'aventura - parc lúdic / 15. Orientació / 16. *Nordic walking* / 17. Quads / 18. *Frisbee golf* / 19. Carrera virtual.

4. CONCLUSIONS

Una temporada excel·lent com la 2016-2017 no ha de fer oblidar la situació cada cop més incerta en què es troba l'esquí català. Amb moltes estacions que pateixen pèrdues any rere any i que depenen del sector públic, el procés de reconversió cap a estacions de muntanya tampoc no sembla avançar gaire, i només algunes estacions, especialment Baqueira, resisteixen la crisi relativament bé. El canvi climàtic pot accentuar encara més aquestes tendències, ja que el recurs essencial, la neu, tendirà a ser cada cop més escàs, tant temporalment com espacial. De fet, la principal conseqüència del canvi climàtic en els dominis esquiables del Pirineu català podria ser no tant una disminució important o fins i tot la desaparició de l'esquí, sinò més aviat la seva redistribució i concentració en unes poques àrees, especialment a Baqueira Beret. D'acord amb Pons (2014), les estacions d'esquí catalanes podrien classificar-se en tres grups; el primer estaria conformat per aquelles estacions per a les quals qualsevol augment de temperatura implicaria la pèrdua de la seva viabilitat, també amb neu artificial. En el segon grup hi hauria aquelles altres que podrien continuar amb la seva activitat però amb el recurs imprescindible de la neu artificial i una reordenació i probable reducció dels seus dominis esquiables. Finalment, el tercer grup es caracteritzaria per temporades més llargues que a la resta de les altres estacions i una oferta turística també més gran i diversa.

Com també s'ha dit en aquest treball, els efectes del canvi climàtic sobre la neu i la pràctica dels esports d'hivern no és l'únic problema de l'esquí català. Ultra els costos econòmics que suposa mantenir elements clau de l'atractiu turístic (sobretot la neu), cal tenir present i estudiar també les dinàmiques demogràfiques, econòmiques, culturals i socials que poden incidir en la pràctica futura de l'esquí i el turisme de neu, i que no fan més que afegir més incertesa al sector arran de reptes com la manca de reemplaçament generacional i les dificultats per atraure unes generacions joves amb menys efectius i diferents hàbits de consum, i exposades a altres formes alternatives d'oci i lleure. Així, si la intervenció pública ha estat necessària per assegurar la viabilitat sociodemogràfica i econòmica de les comarques del Pirineu mitjançant el manteniment de les estacions d'esquí, aquesta opció pot resultar cada cop més problemàtica en el futur, almenys a bona part de les estacions actualment en funcionament. Caldrà trobar, doncs, altres alternatives ben aviat si no volem veure com el canari representat pel turisme de neu resta irremediablement afectat per un gas que en si no és tòxic, però que pot suposar la desaparició de la presència humana permanent a moltes àrees del Pirineu català.

BIBLIOGRAFIA

- Asociación Turística de Estaciones de Esquí y de Montaña (ATUDEM) (2016). *Guía oficial de estaciones de esquí 2017* http://www.atudem.es/Products/00000001/MediaStatic/file/GUIA_ATUDEM_2017_online.pdf [consultat: 20 Novembre 2017].
- Campos, Luís Miguel; Freire-González, Jaume; González, Aina; Puig-Ventosa, Ignasi (2016). «Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España». *Ambienta*, 114, 96-108.

- Fraguell, Rosa M^a; Gómez, M^a Belén; Llurdés, Joan Carles; Martí, Carolina; Ribas, Anna; Saurí, David (2016). «El Turisme». A Martín-Vide, Javier et al. (dirs.). *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans, 383-407.
- March, Hug; Saurí, David; Llurdés, Joan Carles (2014). «Perception of the effects of climate change in winter and summer tourist areas: the Pyrenees and the Catalan and Balearic coasts, Spain». *Regional Environmental Change*, 14 (3), 1.189-1.201. <<https://doi.org/10.1007/s10113-013-0561-0>>
- Martin-Vide, Javier; Prohom, Marc; Busto, Montserrat (2016). «Evolució recent de la temperatura, la precipitació i altres variables climàtiques a Catalunya». A Martín-Vide, Javier et al. (dirs.). *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans, 93-112.
- MEDACC (Adaptant la Mediterrània al Canvi Climàtic) <http://medacc-life.eu/ca>. [consultat: 20 Novembre 2017].
- Pons, Marc (2014). *Climate change impact on winter tourism in the Pyrenees and adaptation strategies* (tesis doctoral codirigida per Martí Rosas i Èric Jover). Barcelona, Institut Universitari de Recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pons, Marc; López-Moreno, Juan Ignacio; Rosas-Casals, Martí; Jover, Èric (2015). «The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate-induced changes in the snowpack». *Climatic Change*, 131(4), 591-605 <<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1400-8>>.
- Vanat, Laurent (2014). *International Report on Snow & Mountain Tourism. Overview of the key industry figures for ski resorts* http://www.isiaski.org/download/20140517_ISIA_Vuokatti_1b_presentation_vanat.pdf [consultat: 20 Novembre 2017].

LA COSTA CATALANA: PRESENT I FUTUR

PROF. A. SÁNCHEZ-ARCILLA
Laboratori Enginyeria Marítima,
Universitat Politècnica de Catalunya
agustin.arcilla@upc.edu

Resum

Aquest treball analitza la problemàtica de la costa catalana sota les condicions actuals. Primerament, determina de manera agregada l'evolució dels conflictes que s'arrossegueu des de fa dècades. A continuació presenta la projecció global del clima i en fa una diagnosi considerant, en la mesura en què estiguin disponibles les projeccions regionals, la situació que haurà d'afrontar la costa catalana a les properes dècades. A partir d'aquí revisa les actuacions possibles tenint en compte l'escala climàtica, de manera que aquest treball no sigui debades. L'article finalitza amb algunes consideracions sobre els plans futurs i les recomanacions per a la nostra costa.

1. LA COSTA CATALANA AVUI

La problemàtica de la costa catalana depèn de les seves característiques hidromorfodinàmiques. En el nostre cas es tracta d'una costa amb condicions d'onatge moderades. El rang de marea astronòmica és molt limitat, per sota dels 30 centímetres, i la marea meteorològica pot arribar a valors propers a 1,0 metres.

Des del punt de vista morfodinàmic la costa catalana té una longitud d'uns 700 quilòmetres, dels quals 250 són platges d'arena (75 platges obertes) i 150 són platges urbanes. Segons la informació obtinguda al *Llibre verd de la costa catalana*, promogut per la Generalitat de Catalunya, més de la meitat de la costa pateix una erosió per sobre del mig metre anual, a partir de dades que cobreixen la dècada 1995-2005. La conclusió és que ja sota les condicions del clima actual la costa catalana pateix una erosió que augmentarà els problemes d'inundació i danys per a infraestructures (figura 1).

Aquesta problemàtica es pot il·lustrar amb tempestes intenses, com la de desembre de 2008, amb danys per a la costa nord i la costa central, o com la de gener de 2017, amb danys per al tram del Maresme. La situació, malauradament, és recurrent, ja que els problemes d'erosió van començar fa més d'un segle i afecten tota la llargària de la costa.

La diagnosi de la nostra costa es veu agreujada per les seves principals característiques hidromorfodinàmiques, que consisteixen en un onatge predominantment de tipus mar de vent, amb la qual cosa les barres de sorra submergides al perfil de la platja

Altres zones molt vulnerables són les platges urbanes, il·lustrades en aquest mateix capítol per les platges de la Barceloneta, on el retrocés projectat per a la línia de vora afecta zones urbanes, la qual cosa requerirà un plantejament curós de la gestió costanera i urbana de manera coordinada.

Aquesta problemàtica no és exclusiva de les platges deltaïques i urbanes. Molts trams patiran una erosió més accentuada, mentre que hi ha zones concretes de rectificació o a recer d'una barrera on l'erosió no augmentarà. Aquesta situació és comuna per a altres zones del planeta, com poden ser els deltes del sud-est asiàtic o les petites illes aïllades. Per a tots aquests arquetipus costaners el desafiament del canvi climàtic obligarà a prendre mesures encara més contundents a fi de poder mantenir-los.

Considerant de manera global la situació de la costa catalana o valenciana i del Mediterrani en general, les pèrdues de territori seran particularment greus i accelerades pel primer metre de pujada del nivell relatiu del mar. A partir d'aquí i pels graons següents, la pèrdua de territori i per tant l'afectació d'activitat socioeconòmica seran més toves. Aquesta pujada del nivell relatiu del mar (Jackson & Jevrejeva, 2016) pot arribar fins a 2 metres per l'escalfament global i fins a 1 metre localment per la subsidència. Aquestes xifres són molt generals, atesa la pujada mitjana del nivell del mar, extrema a partir de les projeccions mitjanes de l'IPCC (AR-5).

Aplicant aquests mateixos criteris a un tram de costa rigiditzada i per tant particularment vulnerable (figura 2), es pot analitzar amb criteris d'ultrapassament per a dics la situació de risc per a costes sense mobilitat ni dinàmica natural. La figura 2 mostra (dreta) l'efecte de la pujada del nivell mitjà del mar de 20 centímetres, juntament amb una tempesta d'onatge de període de retorn de 50 anys, i com afectaria la línia de ferrocarril del Maresme. En verd es marquen els trams per il·lustrar un comportament segur, i en vermell, els trams per mostrar un comportament perillós. La mateixa tempesta, amb 50 anys de període de retorn (figura 2 esquerra), mostra com una pujada del nivell mitjà del

Figura 2. Nivell de perillositat (vermell: greu, verd: lleuger) per a un tram del ferrocarril del Maresme.



mar d'1,8 metres, corresponent al 95 % de probabilitat de pujada del nivell mitjà del mar dins de l'escenari RCP 8.5, conduiria a una situació compromesa a tot un tram de la línia de ferrocarril, que hauria de replantejar-se la funcionalitat per aquesta data.

2. CONDICIONS CLIMÀTIQUES I CONFLICTES

L'evolució prevista per a les platges catalanes haurà de considerar la pujada del nivell relatiu del mar, per la qual cosa serà imprescindible tenir en compte el pendent molt variable al llarg de la costa catalana. Aquesta última, segons les dades del *Llibre verd*, mostra un estat generalitzat erosiu, la qual cosa anticipa problemes presents i sobretot agreujats de cara al futur, amb l'acceleració esperada de la pujada del nivell mitjà del mar i algunes condicions d'onatge (Jevrejeva *et al.*, 2014).

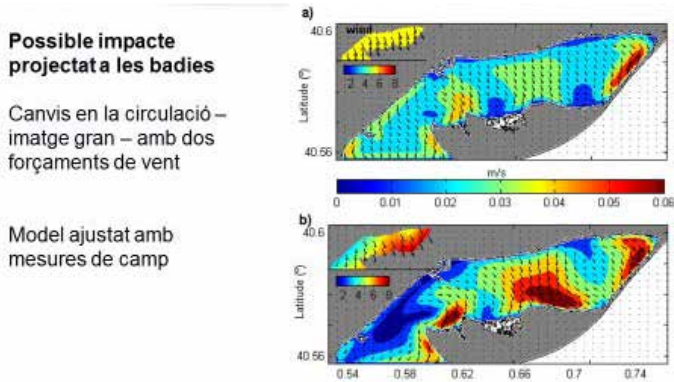
El plantejament per fer front a la projecció dels impactes ha de considerar uns escenaris a curt, mitjà i llarg termini, com mostra la figura 3. El curt termini es refereix a horitzons relativament propers de fins a 10 anys. El mitjà termini correspon a horitzons una mica més llargs, de fins a 30 anys, i el llarg termini, de fins a 40 anys. Aquest plantejament, ordenat i seqüencial, permetrà fer-ne una diagnosi i anticipar-se als conflictes (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2014) que haurà d'anar acompanyada d'una bona xarxa d'observacions, tant pel que fa als factors oceanogràfics com pel que fa a la resposta costanera (per exemple, el pla de les platges). Això permetrà una actuació ordenada i anticipada, la qual cosa sempre resulta molt més eficient.

Un altre aspecte també important per obtenir una valoració global i integradora de l'impacte dels climes futurs és la qualitat de l'aigua a tota la zona costanera, molt especialment a zones costaneres semitancades i amb un aprofitament com per exemple l'aqüicultura al Delta de l'Ebre. La figura 4 mostra els canvis en la circulació de la badia dels Alfacs pel forçament del vent i per a una descàrrega terrestre i un nivell mitjà del mar determinat. Qualsevol canvi en la descàrrega continental o en el domini (per exemple per la combinació de la subsidència i la pujada del nivell mitjà del mar) donarà com a resultat uns patrons de circulació diferents i, per tant, unes distribucions de temperatura i renovació d'aigua també diferents.

Figura 3. Proposta d'interval·ls i horitzons d'intervenció per a un cas costaner (delta de l'Ebre) amb subsidència i pujada del nivell del mar.

Plantejament solucions (intervenció + adaptació)			
	Curt termini	Mig termini	Llarg termini
Escales	≤ 10 anys (2025)	≤ 30 anys (2050)	≤ 100 anys (2100+)
RSLR Δ Ebro	< 0,3 m	< 1,0 m	< 1,5 m

Figura 4. Exemple de càlcul que mostra com la variabilitat del vent i el nivell del mar controlen la circulació de les badies a les zones deltaiques (delta de l'Ebre).



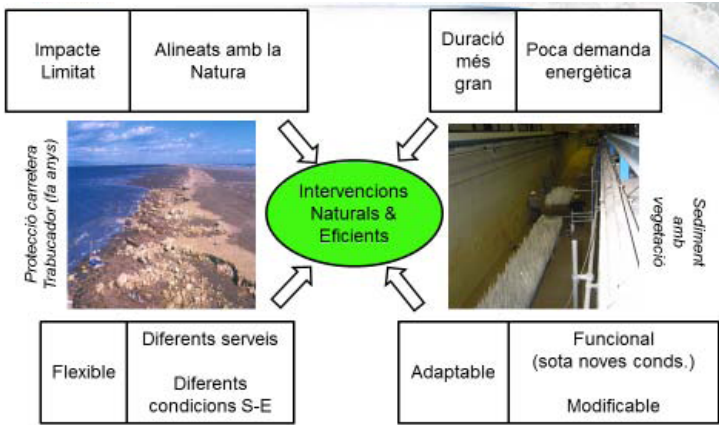
L'anàlisi de l'impacte climàtic en zones costaneres urbanes requereix una menció especial per la rigidesa que presenten aquests trams de costa. Per exemple, es pot considerar el litoral de Barcelona, on tant des del punt de vista de les platges, per erosió i inundació, com des del punt de vista dels ports, per agitació i ultrapassament, és necessari un tractament especialitzat i d'alta resolució. Com mostra el capítol corresponent del *Tercer informe de canvi climàtic a Catalunya*, la sensibilitat dels ports de la costa catalana a l'augment del nivell relatiu del mar i a la variabilitat de les condicions d'onatge és molt diferent (Serra *et al.*, 2014). Atès que cada port té una configuració en planta i unes seccions transversals de dics diferents, és important fer una anàlisi minuciosa en què es consideri aquesta geometria de detall i es valorin adequadament les possibles mesures de solució que es plantejaran en l'apartat següent.

3. PROPOSTA D'ACTUACIONS I PLANS DE FUTUR

L'anàlisi global de l'impacte climàtic a la costa catalana ha de considerar els diferents usos socioeconòmics i la disponibilitat de recursos naturals per tal d'obtenir una valoració integrada (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2015). Això s'ha de complementar amb propostes d'actuació que cerquin sempre la sostenibilitat, de manera que les decisions a curt termini no hipotequin la supervivència futura del sistema costaner (Genua-Olmedo *et al.*, 2016).

Dins d'aquest marc general l'objectiu és proposar intervencions basades en la natura i que siguin com més eficients millor, considerant que no estan assegurats els recursos energètics o de sorra en un futur proper. Per això, tal com mostra la figura 5, es tracta de cercar intervencions amb impacte limitat i, per tant, alineades amb el funcionament natural. En paral·lel, la seva vida útil i, per tant, la supervivència han de ser com més

Figura 5. Esquematització dels requeriments per a unes intervencions costaneres basades en el funcionament natural de la costa.



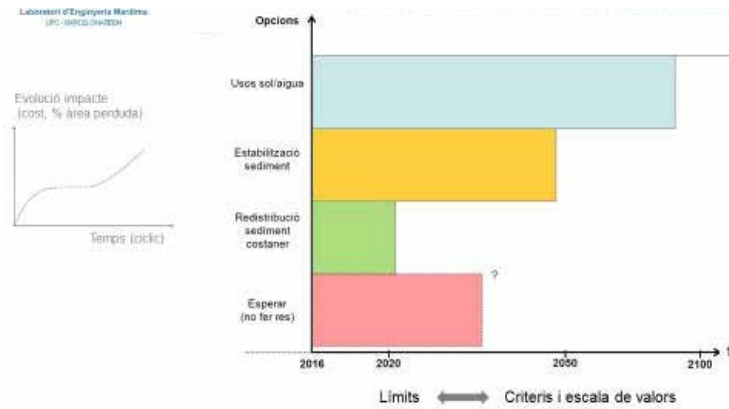
duradores millor, de manera que es redueixin les demandes energètiques. Considerant la incertesa de les futures condicions socioeconòmiques i, per tant, dels serveis que caldrà assegurar a la zona costanera, aquestes intervencions han de ser flexibles. Finalment, i a causa de les noves condicions que s'han d'esperar sota climes futurs, aquestes intervencions també han de ser adaptables.

Tot plegat suggereix una anàlisi basada en l'evolució de l'impacte com una funció del temps (Scussolini *et al.*, 2016). Això és el que il·lustra d'una manera esquemàtica la figura 6, en la qual l'eix horitzontal de temps varia segons l'escenari considerat, en el sentit que escenaris més pessimistes (com ara l'RCP8.5) conduiran a una evolució més accelerada fins als límits que es vagin establint, per exemple, per l'amplada de la platja o el volum de sorra disponible. Un escenari més optimista (com ara l'RCP2.6) presentarà una evolució més lenta de l'impacte amb el temps, tenint en compte sempre una avaluació global dels efectes socioeconòmics (Tol *et al.*, 2016).

Les actuacions possibles, prenent com a exemple d'alta vulnerabilitat costanera un delta, comencen per «no fer res». Aquesta solució, segons els criteris d'acceptació de la societat, només donarà resultat durant un període de temps relativament curt, que presumiblement no arribarà al 2050. En la mateixa línia, una redistribució del sediment costaner, amb un alt impacte mediambiental i amb una demanda energètica gens menyspreable, també presentarà una duració limitada particularment si es considera que la disponibilitat de sorra anirà minvant per la digitalització de la costa, la lluita contra l'erosió terra endins i la regulació de la conca del riu.

Les intervencions més duradores passen per una estabilització del sediment costaner i una modificació dels usos del sòl i de l'aigua, que afavoreixen el transport de sorra cap a la costa. L'estabilització del sediment, particularment si es fa amb solucions basades en la natura, pot incrementar de manera important la duració d'aquest recurs natural

Figura 6. Diagrama per a una planificació de l'adaptació costanera, que mostra el ventall de solucions possibles i la data màxima d'aplicació (escala qualitativa).



de disponibilitat limitada. La redistribució dels usos del sòl i de l'aigua, malgrat la seva dificultat social i econòmica, pot assegurar, d'una banda, una continuació dels cabals líquids i sòlids i, per tant, d'una descarrega continental que permeti seguir nodrint la costa i, de l'altra, ajudaria a mantenir la capacitat dels embassaments.

4. CLOENDA

Per a més informació sobre els impactes del clima en la zona costanera catalana es recomana consultar el capítol corresponent del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, publicat per la Generalitat de Catalunya i l'Institut d'Estudis Catalans. Per a una visió més global del que suposarà un futur clima extrem sobre els sistemes costaners europeus, es recomana considerar la publicació conjunta dels projectes HELIX, IMPRESSIONS i RISES-AM, i en particular el capítol tercer, dedicat a la costa. En tots els casos, una de les principals conclusions és que el manteniment d'una costa flexible amb un espai d'acomodació, de manera que es puguin aprofitar els processos naturals per dissipar l'energia de les onades i la pujada del nivell relatiu del mar, donaran com a resultat intervencions costaneres més sostenibles i amb un impacte més limitat.

BIBLIOGRAFIA

GENUA-OLMEDO, A.; ALCARAZ, C.; CAIOLA, N.; IBÁÑEZ, C. (2016). «Sea level rise impacts on rice production: the Ebro Delta as an example». *Science of The Total Environment*, vol. 571, p. 1200-1210. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.136>>

- JACKSON, L. P.; JEVREJEVA, S. (2016). «A probabilistic approach to 21st century regional sea-level projections using RCP and High-end scenarios». *Global and Planetary Change*, vol. 146, p. 179-189. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2016.10.006.
- JEVREJEVA, S.; GRINSTED, A.; MOORE, J. (2014). «Upper limit for sea level projections by 2100». *Environmental Research Letters*, vol. 9, 104008. DOI: 10.1088/1748-9326/9/10/104008.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; GARCÍA-LEÓN, M.; GRACIA V. (2014). «Hydro morphodynamic modelling in Mediterranean storms. Errors and uncertainties under sharp gradients». *Natural Hazards and Earth System Sciences* (2014). DOI: 10.5194/nhess-14-2993-2014.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; GARCÍA-LEÓN, M.; GRÀCIA, V. (2015). Chapter 10: «Sustainability of artificial coasts: the Barcelona coast case». Elsevier (ed). *Coastal Zones. Solutions for the 21st Century*, p. 163-182. <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802748-6.00010-3>>
- SCUSSOLINI, P.; AERTS, J. C. J. H.; JONGMAN, B.; BOUWER, L. M.; WINSEMIUS, H. C. de Moel; WARD, P. J. (2016). «FLOPROS: an evolving global database of flood protection standards». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16 (5), p. 1049-1061. DOI:10.5194/nhess-16-1049-2016.
- SIERRA, J. P.; CASAS-PRAT, M.; VIRGILI, M.; MÓSSO, C.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2014). «Projected impact on wave-driven harbour agitation due to climate change. Application to the Catalan ports». *Natural Hazards and Earth System Science* (under revision).
- TOL, R. S. J.; NICHOLLS, R. J.; BROWN, S.; HINKEL, J.; VAFEIDIS, A. T.; SPENCER, T.; SCHUERCH, M. (2016). Comment on «The Global Impacts of Extreme Sea-Level Rise: A Comprehensive Economic Assessment». *Environmental and Resource Economics*, p. 1-4. DOI: 10.1007/s10640-015-9993-y.

L'APTITUD CLIMÀTICA PER AL TURISME DE SOL I PLATJA A CATALUNYA DAVANT EL CANVI CLIMÀTIC

M. BELÉN GÓMEZ MARTÍN

Departament de Geografia, Universitat de Barcelona, Barcelona (Espanya)
bgomez@ub.edu

Resum

El turisme de sol i platja és una activitat econòmica destacada a Catalunya que mostra una important dependència dels elements atmosfèrics. El clima de la costa catalana presenta aptituds excel·lents per a la pràctica de la modalitat dins el context regional, i les projeccions assenyalen que les condicions seguiran sent favorables, encara que sorgiran noves destinacions competidores des del punt de vista atmosfèric. Adaptar els calendaris d'activitat de les platges a l'excel·lent potencialitat del recurs, tant en el moment present com en el futur, ha d'esser una prioritat per adequar-ne la gestió a les característiques de la destinació.

Paraules clau

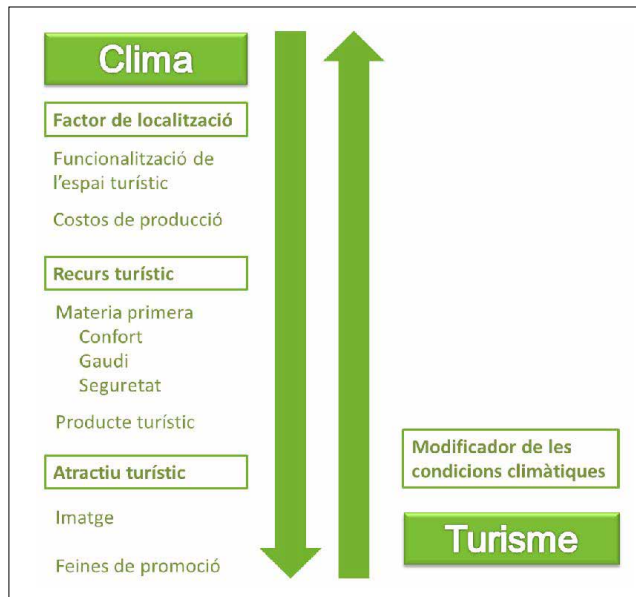
Turisme de sol i platja, canvi climàtic, impactes directes, aptitud climaticoturística, Catalunya.

1. INTRODUCCIÓ

La Mediterrània es configura com la principal regió a escala mundial per a la pràctica del turisme de sol i platja. Segons l'Organització Mundial de Turisme (OMT, 2016), en el 2015, 291 milions de turistes internacionals van triar com a destinació la Mediterrània (el 24,5 % de la quota de mercat mundial), i les previsions de futur assenyalen que en el 2030 uns 325 milions de turistes seguiran viatjant a aquesta zona motivats pel mar, el sol i la calidesa de les temperatures. Dins d'aquesta regió, les destinacions del litoral català registren destacats índexs de freqüentació (16,4 milions de turistes internacionals al 2015) i valoració. L'aptitud dels recursos unida a la introducció de criteris de qualitat en la gestió de les platges, així com la permanent dotació i renovació dels equipaments o la integració d'activitats complementàries d'oci i relax, confereixen una destacada competitivitat a les destinacions de sol i platja de la costa catalana.

El sol i platja es configura com una de les modalitats turístiques amb major grau de sensibilitat respecte al temps meteorològic i al clima. Els elements atmosfèrics són importants perquè actuen com a matèria primera bàsica que possibilita el desenvolupament de l'activitat (figura 1), com a atributs que contribueixen al gaudi i al confort del turista i com a paràmetres dels quals depenen la seguretat (Besancenot, 1991; De Freitas, 2015; Gómez Martín, 2005; Perry, 1972). Les avaluacions de potencialitat climàtica per a la pràctica del turisme de sol i platja a Catalunya, realitzades a partir de diferents propostes metodològiques, han mostrat fins al moment resultats òptims per al desenvolupament de l'activitat (Gómez Martín, 2003; 2006; Ruddy and Scott, 2010).

Figura 1. Binomi clima i turisme. Font: Elaboració pròpia.



En aquest punt, és important assenyalar que la rellevància dels aspectes atmosfèrics per al normal desenvolupament del turisme de sol i platja ajuda a explicar que, en els últims anys, la problemàtica del canvi climàtic s'hagi incorporat en les anàlisis d'aptitud turística del recurs (Gómez Martín, 2017; Olcina, 2012). Segons el *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, a la regió es projecta un augment de les temperatures per als pròxims decennis en tots els horitzons temporals i en totes les estacions de l'any (Calbó *et al.*, 2016). A l'àmbit costaner, els increments es mouen entre els 0.6 °C de l'hivern i els 0.9 °C de l'estiu per a l'horitzó 2012 - 2021 (període de referència 1971-000) i entre els 1.2 °C de l'hivern i la primavera i els 1.8 °C de l'estiu per a l'horitzó 2031-2050. La precipitació apunta per a 2012- 2021 cap a una disminució, amb valors per damunt del -5 % a totes les estacions menys a l'estiu (-1.9 %). Per a mitjans del segle XXI, la minva serà per damunt del -9 % a totes les estacions menys a l'hivern (-6 %) (Calbó *et al.*, 2016). Els projectats canvis en el clima causaran importants impactes directes que provocaran modificacions en les característiques i aptituds del recurs per a la pràctica del turisme de sol i platja, i això podria afectar l'actual distribució temporal i espacial dels fluxos turístics (Fraguell *et al.*, 2016). A tot això se sumaran els impactes indirectes relacionats amb els canvis mediambientals induïts, així com les afectacions derivades de l'aplicació de diferents polítiques de mitigació dirigides a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Els primers tindran una notable repercussió sobre la funcionalitat dels espais turístics i sobre la fragilitat i l'atractiu d'altres recursos turístics que no són el recurs clima. Tot això inclou aspectes tan importants com les variacions en la disponibilitat dels recursos hídrics, la pèrdua de biodiversitat, els canvis en el paisatge, l'augment dels perills naturals o l'erosió de la costa (Brotons *et al.*, 2013; Fraile i Fernández, 2016; March *et al.*, 2014). En relació amb els segons, cal assenyalar que l'encariment en el preu de determinats productes turístics (per l'augment del cost en els transports o l'allotjament causat per l'aplicació d'instruments de mitigació normatius o econòmics) provocaran canvis en les decisions de compra dels turistes que també podrien incidir en els actuals patrons de distribució de la demanda.

Aquesta contribució presenta els principals impactes del canvi climàtic sobre la potencialitat del recurs *clima* per a la pràctica del turisme de sol i platja a Catalunya (impactes directes). En aquest sentit, s'explora la distribució present i futura dels recursos climàtics per a la pràctica del sol i platja, així com la seva possible incidència sobre els calendaris d'aprofitament turístic de les platges catalanes.

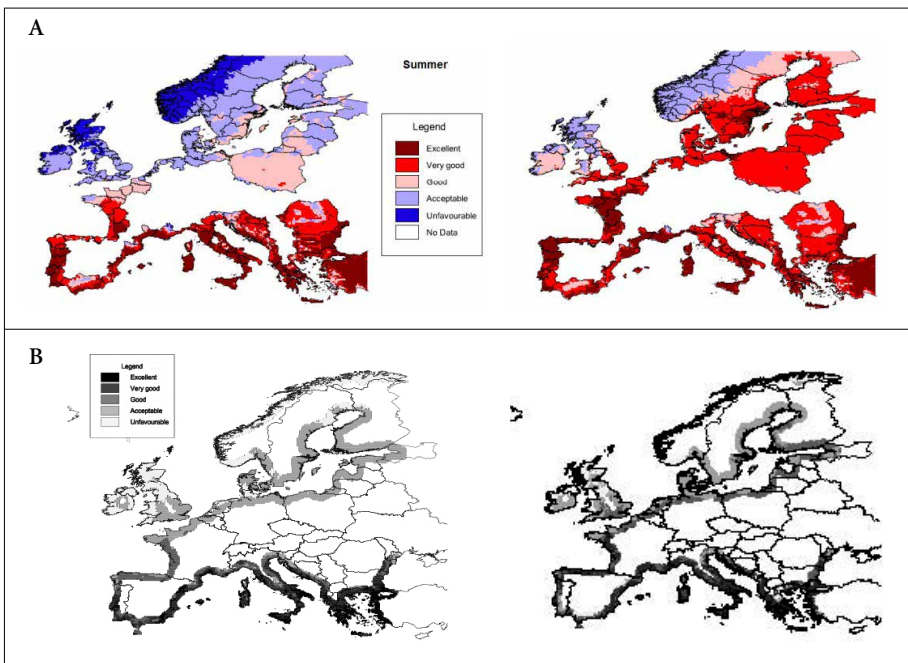
2. DISTRIBUCIÓ PRESENT I FUTURA DELS RECURSOS CLIMÀTICS PER A LA PRÀCTICA DEL TURISME DE SOL I PLATJA A CATALUNYA

L'avaluació de l'aptitud del medi atmosfèric per a la pràctica turística es pot estimar a partir del tipus de temps amb vocació analítica en matèria turística (Besancenot, 1991; Gómez Martín, 2006; Martínez Ibarra, 2008) o a partir d'índexs climàtic turístics com, entre d'altres, el Beach Climate Index de Morgan (BCI) (Morgan, 1999; Morgan *et al.*, 2000) o el Coastal Tourism Climate Index (C-TCI) (Moreno *et al.*, en avaluació), que

suposa una adaptació de la proposta original del Tourism Climate Index (TCI) de Mieczkowski (Mieczkowski, 1985). Atenent a aquests últims, les anàlisis de potencialitat dels climes per a la pràctica del sol i platja, realitzats sobre la base de les preferències del turista¹, assenyalen de forma coincident per a escenaris moderats d'emissions que, al litoral català, les condicions atmosfèriques seguiran sent favorables dins el context regional.

Figura 2. A) C-TCI durant l'estiu del període de referència (esquerra) i C-TCI el 2080, segons Model HadCM3, i escenari A1f1 (dreta). B) BCI durant l'estiu del període de referència (esquerra) i BCI el 2060, segons Model HadCM3, i escenari A1 (dreta).

Font: Moreno *et al.*, en avaluació; Moreno and Amelung, 2009.



D'aquesta manera, tant els valors del BCI com els del C-TCI assenyalen condicions excel·lents i molt bones a la costa catalana durant els estius del període històric de referència, de manera similar al que esdevé en tota la costa mediterrània europea i a la costa atlàntica compresa entre l'estret de Gibraltar i Nantes; la riba nord del continent i les illes Britàniques presenten condicions acceptables que es tornen clarament desfavorables en els extrems més septentrionals (figura 2). Les projeccions de futur per al litoral català segueixen mostrant condicions òptimes per a la pràctica del

1 Fa referència a les condicions atmosfèriques ideals per al turista, determinades mitjançant la consulta directa, generalment amb enquesta.

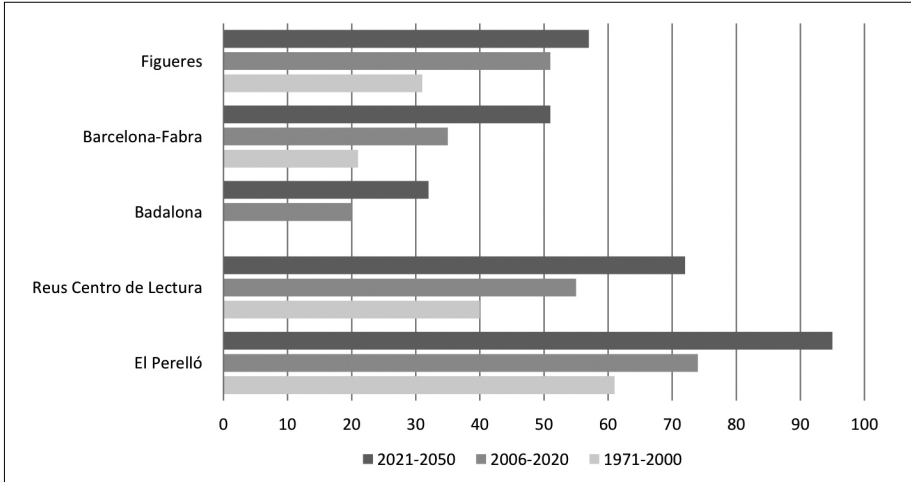
sol i platja, de forma anàloga al que succeeix en tot el litoral mediterrani, si bé és cert que en alguns sectors les condicions passen d'excel·lents a molt bones, condicionades pels excessos tèrmics. No obstant això, el gran canvi en l'aptitud dels climes per a la pràctica de la referida modalitat s'observa a la costa atlàntica del continent i al sud de les illes Britàniques, que adquireixen condicions molt bones per al desenvolupament del turisme de sol i platja (figura 2). Les costes septentrionals de l'Europa Occidental, importants focus de turisme litoral que es van conformar com a centres balnearis a la fi del segle XIX i principis del XX, podrien recuperar protagonisme sota aquest escenari de canvi i convertir-se en destinacions competidores, almenys des del punt de vista atmosfèric.

Les projeccions de futur es tornen encara més favorables quan s'introdueix el criteri del comportament² en les anàlisis d'aptitud del recurs clima, ja que els usuaris de les platges semblen admetre valors més extrems als assenyalats en les anàlisis de preferències, en especial pel que fa a les temperatures. Segons el comportament manifestat pels turistes de sol i platja a les costes del litoral mediterrani (Gómez Martín i Martínez Ibarra, 2012), les condicions atmosfèriques més adequades per a la pràctica de l'activitat i que, per tant, garanteixen una densitat d'ús de les platges plena són: temperatura màxima entre 28,8 i 31 °C, Physiological Equivalent Temperature —PET— màxima entre 34,5 i 38,8 °C, percentatge de radiació solar a les 13 h almenys d'un 50 %, velocitat del vent a les 13 h inferior a 8 m/s —com a màxim, menor a 10 m/s— i precipitacions inexistentes, o, com a molt, inferiors a 1 mm/dia o menors a una durada de 60 minuts.

Les condicions atmosfèriques incideixen en el comportament dels turistes de sol i platja, i ha estat comprovat per a les costes catalanes (Gómez Martín i Martínez Ibarra, 2012) que el grau de densitat d'ús de les platges està controlat fonamentalment per la temperatura màxima (confort) i, de forma secundària, per la radiació solar (faceta estètica) i la PET (confort). Considerant aquest fet, si es pren el llindar 28,8 °C, que garanteix una ocupació de les platges del 100 %, i s'aplica sobre diverses sèries de temperatura màxima diària del litoral català derivades del model BNU-ESM de la CMIP5, d'acord amb l'escenari RCP4.5 (períodes 2006–2020 i 2021–2050), es poden observar futurs increments en el nombre de dies òptims per a la pràctica de l'activitat, de major intensitat a la costa sud i amb valors que, en ocasions, dupliquen els del període històric de referència (1971–2000) (figura 3) (Fraguell *et al.*, 2016).

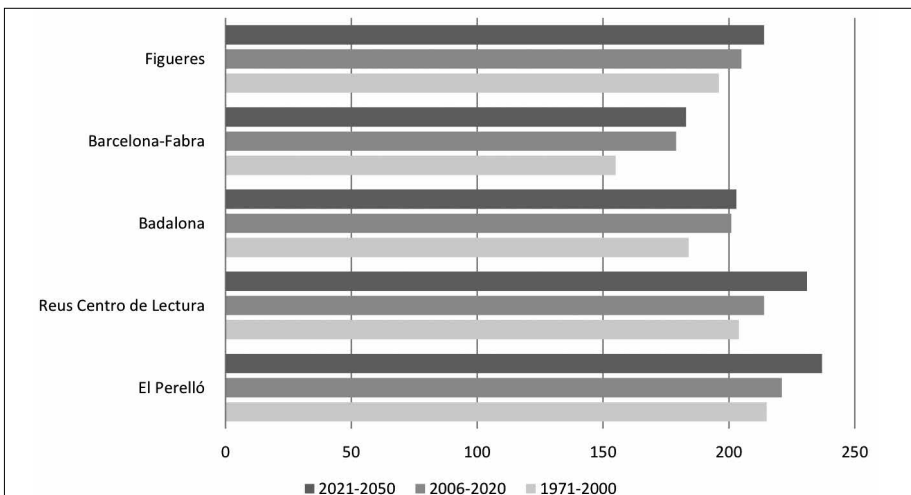
2 Comportament com a resposta a condicions atmosfèriques ideals o com a resposta a condicions acceptables. En aquest últim cas, es posa en evidència l'existència de diferents graus de tolerància per part dels turistes respecte a les preferències manifestades (condicions atmosfèriques ideals), així com la capacitat d'aquests per desplegar ajustos que permetin l'acomodament a la intempèrie.

Figura 3. Nombre de dies amb temperatura mitjana de les màximes igual o superior a 28,83 °C. Font: Elaboració pròpia.



Els resultats són encara més favorables si s’aplica sobre les esmentades sèries el llindar relatiu al valor mínim de la temperatura màxima diària per densitats d’almenys una ocupació igual al 50 % (18,7 °C) (figura 4). De fet, si s’utilitza aquest límit per establir la durada dels calendaris d’aptitud (taula 1) s’observa no només la notable durada de la temporada sinó també la progressiva ampliació de la mateixa per tots dos extrems del període estival, el que podria garantir en un futur —almenys des del punt de vista atmosfèric— el possible manteniment de l’activitat durant una bona part de l’any (Fraguell *et al.*, 2016).

Figura 4. Nombre de dies amb temperatura mitjana de les màximes igual o superior a 18,7 °C. Font: Elaboració pròpia.



Taula 1. Dates resultants de l'aplicació de diversos llindars d'interès climaticoturístic sobre diferents sèries de temperatura màxima diària derivades del Model BNU-ESM de la CMIP5, d'acord amb l'escenari RCP4.5 (dades diàries i projeccions climàtiques obtingudes de AEMET). *Font:* Elaboració pròpia.

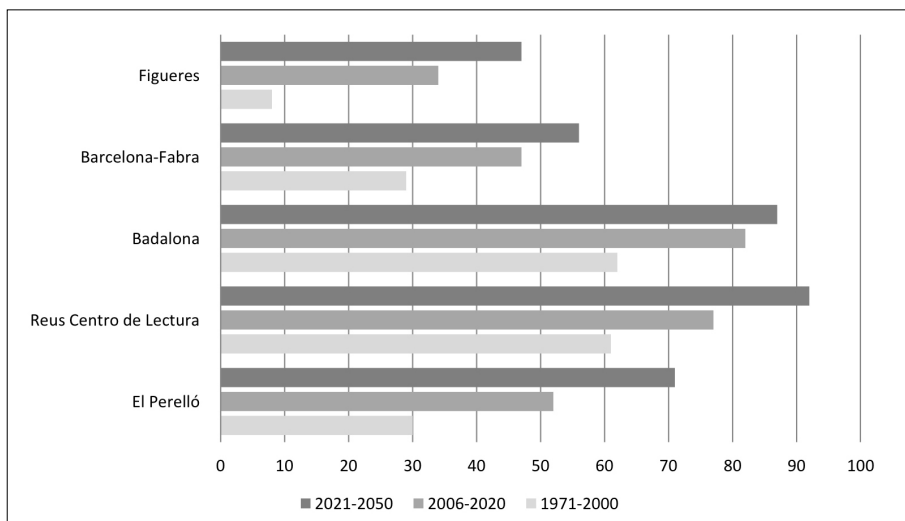
Període amb temperatura mitjana de les màximes igual o superior a 18,7 °C			
		Inici	Final
Figueres (40 m)	1971-2000	22 abril	3 novembre
	2006-2020	15 abril	5 novembre
	2021-2050	14 abril	13 novembre
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	18 maig	19 octubre
	2006-2020	26 abril	20 octubre
	2021-2050	4 maig	2 novembre
Badalona (38 m)	1971-2000	6 maig	5 novembre
	2006-2020	19 abril	5 novembre
	2021-2050	1 maig	14 novembre
Reus Centre Lectura (138 m)	1971-2000	17 abril	6 novembre
	2006-2020	8 abril	7 novembre
	2021-2050	29 març	14 novembre
El Perelló (142 m)	1971-2000	10 abril	10 novembre
	2006-2020	4 abril	10 novembre
	2021-2050	27 març	18 novembre
Període amb temperatura mitjana de les màximes igual o superior a 28,83 °C			
Figueres (40 m)	1971-2000	21 juliol	20 agost
	2006-2020	15 juliol	3 setembre
	2021-2050	14 juliol	8 setembre
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	25 juliol	14 agost
	2006-2020	21 juliol	24 agost
	2021-2050	16 juliol	4 setembre
Badalona (38 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	1 agost	20 agost
	2021-2050	27 juliol	26 agost
Reus Centre Lectura (138 m)	1971-2000	14 juliol	22 agost
	2006-2020	12 juliol	4 setembre
	2021-2050	2 juliol	11 setembre

		Inici	Final
El Perelló (142 m)	1971-2000	3 juliol	1 setembre
	2006-2020	29 juny	10 setembre
	2021-2050	19 juny	21 setembre
Període amb temperatura mitjana de les màximes igual o superior a 33 °C			
Figueres (40 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Badalona (38 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Reus Centre Lectura (138 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
El Perelló (142 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	31 juliol	11 agost
	2021-2050	25 juliol	21 agost

A fi de determinar la possible pèrdua de confort climàtic per excés de calor durant el dia, s'aplica de nou sobre les sèries de temperatura màxima diària el llindar dels 33 °C (temperatura mitjana de la pell nua). Aquest valor correspon al punt en què l'organisme, en condicions similars —pell nua—, corre el risc de no poder transmetre calor sensible al medi exterior. Els resultats assenyalen que tan sols a l'extrem sud de Catalunya es registrarà respecte al període de referència una pèrdua de confort climàtic per excés de calor al centre de l'estiu, amb una duració compresa entre els 12 i els 28 dies (taula 1) (Fraguell *et al.*, 2016).

De la mateixa manera, a fi de determinar la possible pèrdua de confort climàtic durant la nit s'aplica sobre les sèries de temperatura mínima diària derivades del model BNU-ESM de la CMIP5, d'acord amb l'escenari RCP4.5 —períodes 2006-2020 i 2021-2050—, el llindar dels 20 °C. Els valors preveuen una disminució del confort tèrmic durant les nits d'estiu respecte al període de referència, comparativament de major magnitud que la manifestada per al període diürn (figura 5) (Fraguell *et al.*, 2016).

Figura 5. Nombre de dies amb temperatura mitjana de les mínimes igual o superior a 20 °C (nits tropicals). Font: Elaboració pròpia.



3. CALENDARIS D'ÚS REAL I POTENCIAL PER A PLATGES DE LA COSTA CATALANA

L'aplicació d'alguns d'aquests líndars per determinar el grau d'aprofitament de les platges al llarg de l'any pot permetre preveure el calendari de les temporades turístiques i oferir i administrar correctament durant aquests períodes els recursos turístics bàsics que permeten el gaudi de la platja, així com la dotació de serveis i el desplegament de seguretat.

Actualment, a Catalunya encara que la suavitat del clima mediterrani fa que les platges siguin utilitzades durant bona part de l'any, la major freqüentació i ús es produeix a partir de la primavera i, sobretot, durant l'estiu. És per això que, durant aquests períodes, els organismes encarregats de la seva gestió (generalment ajuntaments) es preocupen per dotar aquests espais de tots aquells serveis i equipaments que puguin garantir-ne la seguretat i el gaudi. Aquests serveis i equipaments s'activen en funció d'uns calendaris d'ús fixats per l'Administració, i d'aquesta manera s'estableix una diferenciació entre temporada alta i temporada baixa³.

³ Durant la temporada alta a les platges del litoral català es manté forma diària l'activat de del servei de neteja de la sorra, dutxes, papereres, servei de vigilància i socorrisme, manteniment d'instal·lacions esportives i parcs infantils, lloguer de patins, taules de surf de vela i altres, lloguer de para-sols i gandules, obertura de quioscs de menjar i begudes, punts d'informació i terrasses, senyalització de la zona de bany i dels canals de sortida i entrada d'embarcacions, etc.

Comparar els calendaris establerts pels ajuntaments amb els que es podrien derivar d'aquesta anàlisi (taula 1) resulta d'interès per explorar l'adequació de la gestió de les platges a les possibilitats que ofereix el medi atmosfèric. L'examen realitzat per al període històric de referència (1971-2000) permet constatar que el calendari d'aprofitament potencial de les platges catalanes és més ampli que el calendari d'aprofitament real: els serveis i equipaments s'activen amb cert retard en l'inici de la temporada i es desactiven de forma prematura al final, curiosament quan la temperatura de l'aigua de mar és més elevada i agradable. Bona part de les destinacions de platja analitzades a Catalunya activen els serveis i equipaments de les seves platges cap a la primera o segona desena del mes de juny i els desactiven cap a la segona desena de setembre, amb prou feines 90 dies de temporada alta, que contrasten amb els entre 155 i 237 dies que assenyalen el llinar dels 18.7 °C. Aquesta situació provoca que durant molts dies, els usuaris de les platges no disposin plenament dels serveis i equipaments que s'activen durant la temporada alta, el que genera insatisfacció que, pensant en un públic internacional, podria derivar en baixes taxes de fidelitat turística. En aquest sentit, l'adaptació dels calendaris d'activitat tant en el moment present com en el futur —davant els escenaris favorables— ha de ser una prioritat per adequar la gestió de les platges a les característiques de la destinació i, amb això, contribuir a disminuir el problema d'estacionalitat que presenten les destinacions costaneres catalanes.

4. CONSIDERACIONS FINALS

La notable repercussió que els impactes climàtics directes tenen i tindran sobre les destinacions posa en evidència la necessitat de comptar amb adequades avaluacions de potencialitat del recurs, bé per adaptar l'activitat turística als nous calendaris, bé per desenvolupar en les destinacions nous productes turístics que permetin aprofitar les renovades aptituds del clima. Aquestes accions són imprescindibles per fonamentar la presa de decisions en matèria de desestacionalització i diversificació turística a les destinacions, factors clau de competitivitat turística, segons es recull en el *Pla Estratègic de Turisme de Catalunya 2013-2016*, i d'adaptació al canvi climàtic, segons figura en l'*Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic (Horitzó 2012-2030)*.

BIBLIOGRAFIA

- Besancenot, J.P. (1991). *Clima y turismo*. Paris: Masson.
- Brotons, L.; Aquilué, N.; De Cáceres, M.; Fortin, M.J.; Fall, A. (2013). «How fire history, fire suppression practices and climate change affect wildfire regimes in Mediterranean landscapes». *PLOS one*, 8(5), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062392>.
- Calbó Angrill, J.; Gonçalves Ageitos, M.; Barrera Escoda, A.; García-Serrano, J.; Doblàs-Reyes, F.; Guemas, V.; Cunillera, J.; Altava Ortiz, V. (2016). «Projeccions climàtiques i escenaris de futur». A: Martín Vide, J. (Coord.) *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 113-133.

- De Freitas, C.R. (2015). «Weather and place-based human behavior: recreational preferences and sensitivity». *International Journal of Biometeorology*, 59, 55-63. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0824-6>.
- Fraguell Sansbelló, R.M.; Gómez Martín, M.B.; Llundés Coit, J.C.; Martí Llambrich, C.; Ribas Palom, A.; Saurí Pujol, D. (2016). «Turisme». A: Martín Vide, J. (Coord.) *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 383-407.
- Fraile, P.; Fernandez, M. (2016). «Escenarios de subida del nivel medio del mar en los mareógrafos de las costas peninsulares de España en el año 2100». *Estudios Geográficos*, 77(280), 57-79.
- Gómez Martín, M.B. (2003). «Duración y características de la estación climático-turística estival en Cataluña». *Estudios Geográficos*, 64 (253), 623-653.
- Gómez Martín, M.B. (2005). «Weather, climate and tourism a geographical perspective». *Annals of Tourism Research*, 32(3), 571-591.
- Gómez-Martín, M.B. (2006). «Climate potential and tourist demand in Catalonia (Spain) during the summer season». *Climate Research*, 32(1), 75-87.
- Gómez Martín, M.B.; Martínez Ibarra, E. (2012). «Tourism demand and atmospheric parameters: Non-intrusive observation techniques». *Climate Research*, Vol. 51, 135-145. <https://doi.org/10.3354/cr01068>
- Gómez Martín, M.B. (2017). «Retos del turismo español ante el cambio climático». *Investigaciones geográficas*, 67, 31-47.
- March, H.; Saurí, D.; Olcina, J. (2014). «Rising temperatures and dwindling water supplies? Perception of climate change among residents of the Spanish Mediterranean tourist coastal areas». *Environmental management*, 53(1), 181-193. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0177-7>
- Martínez Ibarra, E. (2008). «Tipos de tiempo para el turismo de sol y playa en el litoral alicantino». *Estudios Geográficos*, 69 (264), 135-155.
- Mieczkowski, Z. (1985). «The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism». *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 29(3), 220-233.
- Moreno, A.; Amelung, B.; Gómez, M.B., Scott, D. (submitted). «Climate Suitability for Beach Tourism in Europe: A Reassessment of the Impacts of Climate Change». Global Environmental Change. Regne Unit: Pergamon - Elsevier Science LTD.
- Morgan, R. (1999). «A novel, user-based rating system for tourist beaches». *Tourism Management*, 20(4), 393-410.
- Morgan, R.; Gatell, E.; Junyent, R.; Micallef, A.; Özhan, E.; Williams, A. T. (2000): «An improved user-based beach climate index». *Journal of Coastal Conservation*, 6(1), 41-50.

- OMT (2016). *Panorama OMT l turismo internacional, 2016*. Madrid: Organización Mundial Turismo.
- Olcina, J. (2012). «Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse». *Investigaciones Turísticas*, 4, 1-34.
- Perry, A. (1993). «Climate and weather information for the package holiday maker». *Weather*, 48(12), 410-414.
- Rutty, M.; Scott, D. (2010). «Will the Mediterranean become “too hot” for tourism? A reassessment». *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 7(3), 267-281. <https://doi.org/10.1080/1479053X.2010.502386>.

DE QUANTA AIGUA DISPOSAREM EN EL FUTUR? IMPACTE DEL CANVI CLIMÀTIC EN ELS RECURSOS HÍDRICS A LLENGUADOC-ROSSELLÓ

WOLFGANG LUDWIG^{1, 2}, FRANCK LESPINAS^{1, 2, 3}
I MAHREZ SADAOU^{1, 2}

¹ Université de Perpignan Via Domitia, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, 52 Avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan Cedex, France.

² CNRS, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, 52 Avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan cedex, France.

³ Adreça actual: IPSL – LSCE, CEA CNRS UVSQ UP Saclay, Centre d'Études Orme des Merisiers, 91191 Gif-sur-Yvette, France
ludwig@univ-perp.fr

Resum

El fort contrast entre els períodes llargs de sequera i els períodes curts de crescudes caracteritza els rius costaners de la regió mediterrània. Per tant, per tal de preservar els recursos hídrics i prevenir els riscos de les crescudes, la gestió de l'aigua a les conques hidrogràfiques s'ha de basar en una visió de futur que tingui en compte la possible evolució dels factors hidroclimàtics en els pròxims anys. Durant les darreres dècades, el canvi climàtic pot haver tingut un impacte en el funcionament hidrològic d'aquests rius; detectar i comprendre aquests canvis ens ajudaran a predir el futur. Des del punt de vista de la regionalització del canvi climàtic, podem destacar una pujada considerable de la temperatura mitjana, la qual cosa ha afectat les conques costaneres a la regió de Llenguadoc-Rosselló en els darrers quaranta anys. Aquesta pujada podria estar vinculada a un augment de la circulació atmosfèrica en zones d'altres pressions intertropicals i es produeix principalment durant les estacions càlides (primavera-estiu). L'evolució de les precipitacions no va seguir una tendència particular durant aquest període, però ja s'hi observa una disminució significativa dels recursos hídrics, que es fa patent en la disminució del cabal dels rius. Les conques d'altitud pirinenques han reaccionat substancialment amb una caiguda significativa dels seus cabals mitjans. Atès que aquestes conques gairebé no es veuen afectades per l'activitat humana, pot ser que la pujada de les temperatures sigui la causa d'aquesta evolució. Les conques situades aigües avall de l'Orb i l'Erau també mostren una disminució significativa dels seus cabals mitjans. Aquí, la reducció de l'emmagatzematge d'aigua en els dipòsits d'aigua subterranis sembla la causa d'aquest canvi, causat per la pujada de les temperatures i/o per l'explotació intensiva dels recursos per l'activitat humana.

1. CLIMA MEDITERRANI I EL CANVI CLIMÀTIC

Klima en grec vol dir 'inclinació'. A la Terra, la inclinació dels raigs solars augmenta a les latituds més altes i en disminueix la captura de l'energia. El canvi de temperatura diferencia el clima en una zona tropical, temperada, boreal i polar. Altres atributs estan relacionats amb la distribució de les precipitacions i el poder evaporador de l'atmosfera, i classifiquen els climes en humits i secs (o àrids). I d'altres es basen en l'estacionalitat com a criteri de diferenciació i fan aparèixer els tipus de clima oceànic, continental i mediterrani.

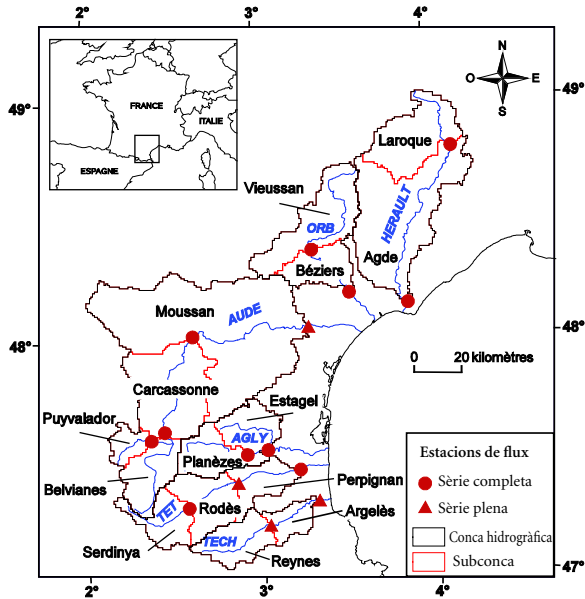
D'acord amb la classificació de Koppen (citada a Trewartha, 1943), el clima mediterrani és un clima suau de les latituds mitjanes, en què el contrast entre l'abundància de precipitacions a l'hivern i la sequera a l'estiu és molt pronunciat («almenys tres vegades més precipitacions durant els mesos més humits a l'hivern, que durant els mesos més secs de l'estiu»). No es limita tan sols al voltant del mar Mediterrani, ja que també es troba a Califòrnia, Xile, Sud-àfrica i Austràlia meridional i occidental. La seva forta estacionalitat està relacionada amb la seva posició intermèdia entre la zona àrida d'altres pressions subtropicals i la zona humida dels climes temperats, amb precipitacions abundants a causa de la influència de les masses d'aire d'origen oceànic. A l'estiu, quan l'eix de rotació de la Terra s'acosta al sol, la zona mediterrània es troba sota la influència de les altes pressions subtropicals, mentre que a l'hivern «torna a pujar» cap a les regions temperades humides.

Una posició central entre dues zones climàtiques principals augmenta la vulnerabilitat al canvi climàtic. Aquest és el cas de la transició entre les zones temperades i boreals, i per tant, també del clima mediterrani. Aquí, els recursos hídrics són limitats, encara que les precipitacions solen superar el poder evaporador de l'atmosfera. Però la forta estacionalitat de les precipitacions en complica l'explotació i l'escassetat d'aigua és endèmica en gran part dels països de la Mediterrània.

2. REGIONALITZACIÓ DEL CANVI CLIMÀTIC AL SW DE FRANÇA

La majoria dels models climàtics prediuen que, a la regió mediterrània, l'escalfament global anirà acompanyat d'una disminució de les precipitacions (Giorgi i Lionello, 2007). Es tem una reducció significativa dels recursos hídrics. En un estudi retrospectiu (Lespinas *et al.*, 2009), centrat en el període 1965-2004, els autors es van interessar per l'evolució dels recursos d'aigües superficials a la part mediterrània de França, quantificable a través del cabal mitjà dels rius costaners. Les conques estudiades són les del Tec, la Tet, l'Aglí, l'Aude, l'Orb i l'Erau a la regió de Llenguadoc-Rosselló. Els cabals d'aquests rius es mesuren a diversos llocs de les seves conques, fet que permet distingir un conjunt de quinze conques hidrogràfiques per les quals les sèries de mesuraments són prou llargues (fig. 1). A les conques situades aigües avall, els cabals els determina la diferència entre els cabals de les estacions de sortida i d'entrada. A causa de la variabilitat significativa del relleu a la regió, les característiques ambientals de les

Figura 1 - Ubicació de les 15 conques hidroliques estudiades. L'elecció de les conques es basa en la disponibilitat de sèries de flux relativament completes.



conques poden ser molt variables entre els trams aigües amunt i els trams aigües avall (vegeu-ho a continuació); la simple observació del cabal a la desembocadura d'un riu només dona una idea molt bàsica dels processos hidroclimàtics que es produeixen a l'interior de la seva conca hidrogràfica.

El mètode científic és l'estudi dels vincles entre els cabals dels rius (Q) i els paràmetres que els controlen. En una conca ideal, és a dir una conca que no té altres contribucions o pèrdues d'aigua, l'equilibri hídic es pot establir amb la fórmula següent (totes les unitats en mm; $1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2$):

$$Q = P - E - \Delta S (i)$$

Q representa tots els cabals que surten de la conca, incloent-hi les aigües subterrànies. Com que aquestes últimes són generalment poc abundants en comparació amb les aigües superficials (cabal del riu), sovint es passen per alt. P correspon a les precipitacions i E a l'aigua evaporada. Aquest últim paràmetre és difícil de mesurar i sovint el determina indirectament la diferència entre P i Q . Naturalment, depèn en gran part del poder evaporador de l'atmosfera i per tant de la temperatura (T). Finalment, ΔS representa el canvi de les reserves internes d'aigua a la conca (llacs, aqüífers superficials, etc.). A llarg termini i en un sistema estacionari, ΔS s'acosta a zero. En la transició entre períodes humits i secs, en canvi, pot tenir un paper important en l'equilibri hídic.

La vinculació d'aquests paràmetres requereix una quantificació dels paràmetres climàtics per a les mateixes zones en què els cabals són representatius, per tant, per a totes les conques hidrogràfiques. Les dades de P i T, els únics paràmetres climàtics que es tenen en consideració en aquest estudi, corresponen a mesures puntuals i la seva espacialització a nivells superiors s'ha de fonamentar en la disponibilitat d'un gran nombre d'estacions. Per a aquest estudi, s'han pogut recollir un conjunt de 127 estacions de P i 49 estacions de T de la base de dades *Climatèque* Meteo-France. Això correspon de mitjana a aproximadament una estació per cada 100 km² per a les precipitacions, i una, per cada 250 km² per a les temperatures.

3. ELS RIUS COSTANERS, UN SISTEMA COMPLEX

La delimitació de les quinze conques hidrogràfiques estudiades s'ha fet amb l'ajuda d'un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG). Aquests contorns es poden fer servir per determinar les mitjanes de P i T, però també per determinar altres paràmetres, com ara la morfologia, la utilització de la terra i/o la densitat de la població, si aquests paràmetres estan disponibles en bases de dades georeferenciades. Tota la informació obtinguda en aquest estudi posa en relleu la gran heterogeneïtat de les conques hidrogràfiques estudiades (vegeu taula 1 i 2). L'elevació mitjana de les conques oscil·la entre més de 1.700 m («Serdinya») i aproximadament 230 m («Besiers»); l'ocupació de la terra per vegetació natural pot variar d'aproximadament el 90 % (conques situades aigües amunt del Tec, la Tet i l'Aude) fins a menys del 50 % (conques situades aigües avall de la Tet i l'Aude). Cal destacar que la condició que caracteritza les conques hidrogràfiques ideals (sense exportació ni importació d'aigua) no sempre es respecta. A la conca de «Perpinyà», per exemple, l'extracció d'aigua pel regadiu és tan important que excedeix la formació del flux natural, per això, el cabal específic d'aquesta conca és negatiu.

Cal prestar atenció a la representativitat de les conques estudiades, ja que pot ser que pateixin importants modificacions a causa de l'activitat humana. El seu funcionament natural també pot ser variable, en funció de la posició i l'orientació que tenen en l'àrea d'estudi. Això es fa particularment patent quan s'observa el règim de precipitacions. Només en termes d'estacionalitat de les precipitacions (fig. 2 i taula 2), s'hi observen grans diferències. La diferència entre el mes més humit i el mes més sec generalment disminueix de nord a sud i augmenta en els trams d'aigües amunt respecte dels trams d'aigües avall. Els valors $> 4,5$ són típics de les conques de l'Erau i l'Orb, i cauen fins a < 2 a les conques situades aigües amunt dels rius del sud-oest (Tec, Tet i Aude). En el primer grup, les precipitacions són particularment abundants a l'octubre, amb una segona màxima al desembre/gener. En el segon grup, dominen a la primavera o, fins i tot, poden superar els valors elevats de l'hivern. Es pot determinar que, segons la definició del clima mediterrani exposada anteriorment ($P\text{-màx} / P\text{-mín} > 3$), només vuit de les quinze conques es poden considerar com a conques mediterrànies pròpiament dites.

Taula 1 - Característiques de les conques hidrogràfiques estudiades: morfologia i cobertura del sòl

Fluave	Bassin	Périmétre (km)	Surface (km ²)	Elévation (m)	Pente (°)	Végétation naturelle (%)	Surfaces agricoles (%)	Surfaces urbaines (%)	Densité de la population (hab/km ²)
Herault	Laroque	184	837	612	5.3	84	15	0.5	24
Herault	Agde	320	1740	238	2.8	55	44	1.3	58
Orb	Vieussan	220	891	531	5.5	82	16	1.1	29
Orb	Beziers	132	432	233	3.0	58	41	1.0	48
Aude	Puyvalador	96	201	1101	5.9	75	24	0.3	8
Aude	Belvianes	138	533	1412	9.1	87	12	0.5	7
Aude	Carcassonne	191	1143	406	3.7	53	47	0.9	75
Aude	Moussan	405	3079	271	2.4	41	58	1.0	40
Agly	Planezes	115	433	657	6.4	82	18	0.6	7
Agly	Estagel	142	472	346	4.9	67	33	0.5	20
Tet	Serdinya	148	418	1729	10.8	93	6	0.4	6
Tet	Rodes	144	546	1070	10.0	89	10	0.5	31
Tet	Perpignan	132	393	276	3.0	44	52	4.4	417
Tech	Reynes	130	480	1009	9.4	92	7	0.8	23
Tech	Argeles	103	250	265	4.3	54	44	2.3	108

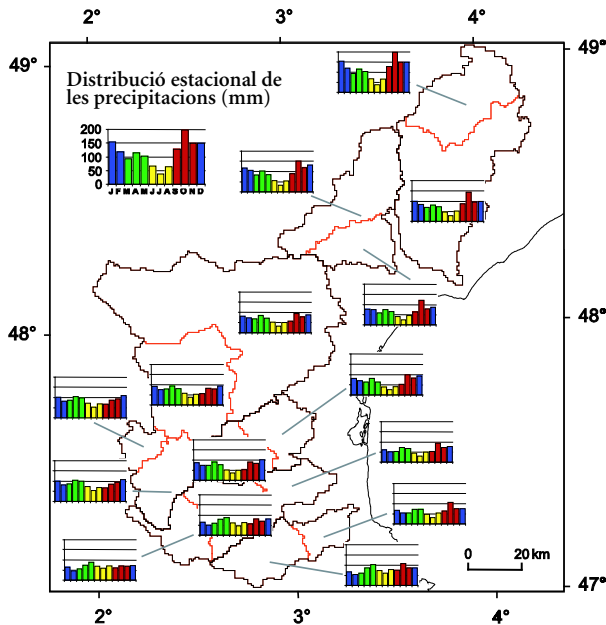
Les dades procedeixen de diferents bases de dades i es van fer les mitjanes per a les conques hidrogràfiques utilitzant el programari ArcGIS. Per obtenir més informació sobre l'origen de les dades, consulteu Lespinas [et al.] (2009)

Taula 2 - Característiques de les conques hidrogràfiques estudiades: dades climàtiques i hidroològiques

Flueve	Bassin	$T_{\text{moy-ann.}}$ [°C]	$T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ [°C] (a)	$P_{\text{moy-ann.}}$ [mm]	$P_{\text{max}} / P_{\text{min}}$ (a)	Q-net [mm] (b)	Q_{net} / P (a)	$Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}$ (a)	F-index [%] (c)	M-index (d)	Q_{extract} [mm] (e)	Karst [%] (f)	Q_{sol} [mm] (g)
Hérault	Laroque	10.9	15.9	1377	5.2	778	0.55	106	14.6	66	1	56	291
Hérault	Agde	13.4	16.0	950	5.2	384	0.40	54	14.4	41	2	36	313
Orb	Vieussan	11.6	15.6	1121	4.7	809	0.71	89	13.8	52	1	16	302
Orb	Béziers	13.5	15.8	811	4.9	305	0.38	57	14.8	35	39	-	356
Aude	Puyvalador	8.7	14.5	1016	2.0	445	0.44	73	10.9	55	-	92	318
Aude	Belvianes	7.1	14.1	875	1.7	625	0.69	61	10.9	51	-	16	253
Aude	Carcassonne	12.4	15.4	877	2.5	223	0.24	34	11.5	39	5	3	319
Aude	Moussan	13.1	15.6	822	3.0	219	0.26	51	11.8	36	5	-	327
Agly	Planèzes	11.5	14.9	864	2.8	340	0.38	40	12.7	40	-	51*	232
Agly	Estagel	13.3	15.2	788	3.8	121	0.13	24	14.6	34	-	45*	251
Têt	Serdinya	5.7	13.7	801	1.9	414	0.51	45	11.3	51	-	-	278
Têt	Rodès	9.3	14.2	801	1.8	353	0.44	47	13.0	42	82	-	275
Têt	Perpignan	13.9	15.0	727	3.2	-51	-0.13	15	15.7	30	218	-	271
Tech	Reynes	9.8	14.1	937	2.0	521	0.54	49	13.7	47	28	-	304
Tech	Argèlès	14.1	14.8	765	3.5	274	0.31	56	15.9	32	70	-	265

Tots els paràmetres climàtics s'han determinat a partir de les dades d'aquest estudi (vegeu text i Lespinas [et al.] (2009) per a la font de dades addicionals) i es refereixen al període 1965-2004 (amb l'excepció de (e) - (f), vegeu a continuació). Aclariments: (a) calculades sobre la base de valors mitjans mensuals; (b) Q-net correspon a la diferència de cabal entre dues estacions de mesurament, dividida per la superfície de la conca hidrogràfica entre les dues; (c) Índex de Fournier modificat (suma de ràtios (Pmes2 / Pannual) pels dotze mesos de l'any), expressada com a percentatge de precipitacions anuals; (d) Índex d'aridesa de Martonne (sense unitat); (e) extraccions antròpiques d'aigua per al reg (només mitjana de 2004); (f) percentatge de formacions càrstiques a la conca (* = barreja amb altres formacions sedimentàries); (g) estimació mitjana de la capacitat a camp en sòls (aigua disponible a l'evapotranspiració).

Figura 2 - Estacionalitat de les pluges a les conques hidroloògiques estudiades. Els valors mensuals representen la mitjana dels anys 1965-2004; s'han agrupat segons el color en funció de les estacions (hivern = blau, primavera = verd, estiu = groc, tardor = marró).



Una altra forma de caracteritzar les precipitacions consisteix a identificar l'origen de les masses d'aire que porten pluja. Aquesta caracterització és possible gràcies a l'anàlisi de les correlacions entre les precipitacions i alguns índexs de la pressió atmosfèrica. L'índex NAO («North Atlantic Oscillation») és un dels índexs més coneguts. Representa la diferència de pressió estandarditzada entre l'anticicló de les Açores i la depressió centrada sobre Islàndia (Hurrell, 1995) i caracteritza en certa manera la direcció general dels vents de l'oest, provinents de l'Atlàntic nord i que són més humits, cap al nord (NAO positiva) o el sud (NAO negativa). En el darrer cas, la humitat arriba a la regió mediterrània i les precipitacions són més abundants. La majoria de conques estudiades mostren anticorrelacions significatives entre l'índex NAO i les precipitacions durant els mesos de març i setembre (fig. 3A), que corresponen als períodes de transició entre la influència de les zones climàtiques temperades i les subtropicals (vegeu-ho més amunt). A l'estiu, amb el domini de les altes pressions subtropicals, no hi ha anticorrelacions, però apareixen sovint a l'hivern, quan la regió torna a rebre les masses d'aire de l'oceà. La influència de la NAO és especialment pronunciada a les conques del nord (les de l'Orb i l'Erau), on les anticorrelacions persisteixen durant gairebé tot l'hivern.

El Mediterrani és una altra font d'humitat per a la pluja. L'origen de les masses d'aire del Mediterrani es pot caracteritzar per l'índex WeMO («Western Méditerranéen

Oscillation»), basat en les diferències de pressió estandarditzada entre San Fernando, a Espanya, i Pàdua, a Itàlia (Martín-Vide i López-Bustins, 2006). Les fases negatives d'aquest índex s'associen generalment amb vents humits procedents del mar cap a les costes d'Espanya i França. Aquests vents són els principals responsables de les fortes pluges de la tardor, típiques del clima mediterrani, que normalment són la causa de les crescudes sobtades (episodi de «cévenol»). Per tant, l'anàlisi de les correlacions entre el WeOM i les precipitacions (fig. 3B) a les conques estudiades mostra anticorrelacions significatives durant els mesos de tardor, especialment a les conques amb un marcat caràcter mediterrani (com són les conques de l'Orb i l'Erau, i conques situades aigües avall del Tec, la Tet i l'Agli).

4. COM ES POT DETECTAR QUE EL CLIMA ESTÀ CANVIANT?

Un problema important en la recerca sobre el canvi climàtic és la distinció entre la variabilitat temporal que existeix de forma natural en els sistemes estudiats, i els canvis duradors que s'han assentat amb el temps. Al nord de la Mediterrània, els cabals dels principals rius (Roine, Po, Danubi) mostren certa ciclicitat entre períodes humits i secs, amb una freqüència d'uns 20 anys (Ludwig et al, 2003; 2009). Això és molt inferior als quaranta anys que s'estudien en aquest treball. Quan l'observació dels canvis es duu a terme durant un període de temps tan llarg, es poden considerar com a canvis duradors. La detecció d'aquests canvis, però, s'ha de basar en un procediment estadístic objectiu. El test de «Mann i Kendall» (Kendall, 1975) és una de les millors eines per a la detecció de tendències, i serveix per crear la base per a la identificació dels canvis en aquest estudi. Aquest test compara una observació concreta amb totes les que s'han fet anteriorment i assigna així una probabilitat a la hipòtesi que el conjunt de les observacions ha evolucionat amb el temps. Si aquesta probabilitat és prou elevada (en general superior al 90%, 95% o 99%), es pot determinar la magnitud dels canvis mitjançant el càlcul del pendent de la recta de regressió entre les observacions i el temps.

Un altre problema està relacionat amb l'homogeneïtat de les sèries d'observacions. Normalment tots els mesuraments s'han de fer amb les mateixes eines i als mateixos punts d'observació. Per fer el seguiment de les dades climàtiques, aquesta condició no sempre es respecta, perquè és possible que els aparells de mesura s'hagin canviat per uns altres o s'hagin mogut de lloc per qüestions logístiques. Aquests canvis tècnics poden produir errors sistemàtics, sense que les condicions climàtiques hagin evolucionat. Així, cal una segona família de tests estadístics per detectar les interrupcions artificials en les sèries d'observació. Si les dates d'aquestes interrupcions coincideixen amb canvis tècnics documentats, les sèries s'han d'eliminar del conjunt de dades que es tenen en consideració.

Finalment, les llacunes en les sèries d'observacions també poden ser problemàtiques. És possible que en dates concretes no s'hagin pogut dur a terme els mesuraments per diverses raons, però si el nombre de buits és petit en comparació al conjunt de les dades recollides, és una llàstima que s'hagi de descartar tota la sèrie. Es pot fer servir

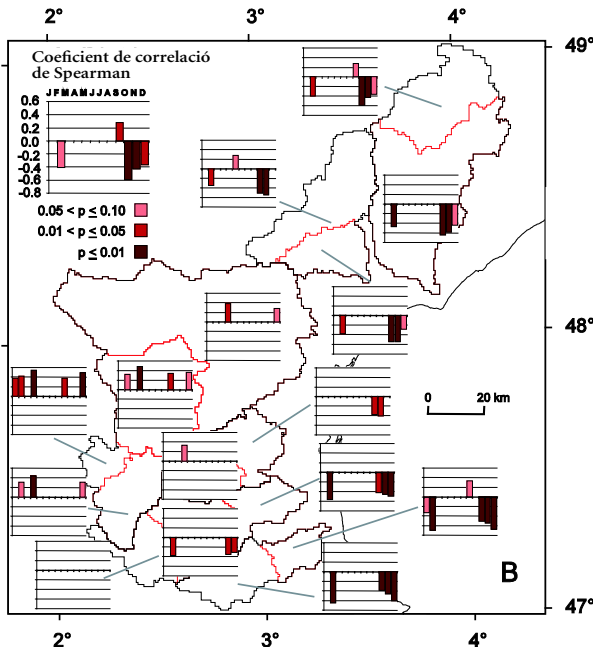
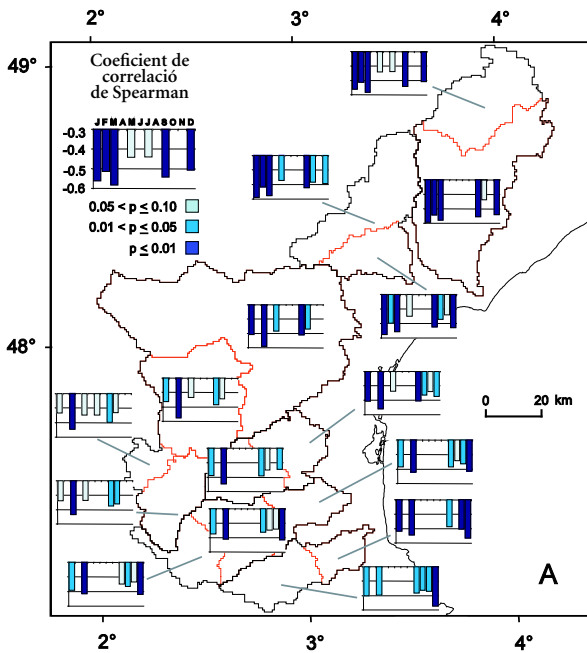


Figura 3 - Origen de les pluges a les conques estudiades. La correlació entre la precipitació mensual i determinats índexs de pressió atmosfèrica permet la identificació de l'origen de les masses d'aire que porten la pluja. Una correlació negativa amb l'índex NAO (part A) indica un origen oceànic; es posa en relleu especialment a l'hivern a les conques del nord. Una correlació negativa amb l'índex WeMO (part B) és típica d'un origen mediterrani i les masses d'aire s'observen amb freqüència a la tardor a les conques properes a la costa (per obtenir més explicacions, vegeu el text). Els colors de menys a més fosc marquen les correlacions cada vegada més significatives.

un mètode per esmenar els buits, basat en una anàlisi de components principals de les sèries d'observacions. Aquest mètode identifica el grau de correlació amb les estacions properes i ofereix un valor estimat en funció de la naturalesa de les relacions identificades.

5. EVOLUCIÓ DEL CLIMA DURANT LES DARRERES DÈCADES

La figura 4 resumeix l'evolució de la temperatura i de les precipitacions anuals a tota l'àrea d'estudi durant els anys 1965-2004. Cal destacar la pujada de la temperatura que s'inicia durant la segona meitat de la dècada dels 70, després d'una lleugera tendència a la baixa durant els anys anteriors. Aquesta evolució segueix la tendència general de les temperatures d'arreu del planeta (Trenberth *et al.*, 2007). Es detecta un escalfament en totes les conques estudiades i es correspon de mitjana amb una pujada de la temperatura d'aproximadament 1,5 °C durant quaranta anys d'observacions.

La distribució estacional de l'escalfament a les conques estudiades és particularment interessant. És força desigual i no afecta tots els mesos de la mateixa manera. (vegeu fig. 5); la pujada de la temperatura es produeix principalment a la primavera i a l'estiu, i molt menys a l'hivern. A la tardor, és inexistent. Els dos mesos que han registrat una pujada més forta de la T són març i agost, amb una mitjana de gairebé 3 °C / 40 anys. Defineixen més o menys la transició entre el règim climàtic humit (tardor i hivern), que es caracteritza per una atmosfera molt més dinàmica, i el règim estable de les altes pressions subtropicals (primavera i estiu). Aquest últim és el principal responsable de l'escalfament global a la regió. Aquesta troballa confirma els resultats d'altres autors (IPCC, 2013) que van ser capaços de demostrar una intensificació espaciotemporal de l'anomenada *cèl·lula de circulació de Hadley*, responsable de les condicions d'altres pressions estivals al sud de França.

Els canvis en la precipitació no mostren tendències clares. Aquest és el cas de la pluja en totes les conques estudiades (fig. 4), així com dels canvis individuals en cada conca. Només a les conques del nord (Laroque, Agde i Vieussan) a l'hivern (gener i febrer), s'hi observa una tendència a la baixa que és significativa. Les precipitacions de l'hivern són molt importants i estan clarament relacionades amb l'índex de pressió atmosfèrica NAO que evolucionava a l'hivern cap a fases positives cada vegada més marcades (especialment al febrer).

6. ELS RECURSOS HÍDRICS. ON SÓN LES ÀREES VULNERABLES?

L'evolució dels cabals a l'àrea d'estudi es caracteritza per una tendència general a la baixa. Pel que fa als cabals mitjans anuals, cinc conques hidrogràfiques mostren reduccions significatives entre 1965 i 2004 (fig. 6): «Serdinyà», «Puigbalador», «Belvianes», «Besiers», i «Adge». Les tres primeres ocupen la part sud-oest de l'àrea d'estudi i es corresponen amb les conques d'altitud. Les dues últimes també són a prop una de

Figura 4 - Evolució de la temperatura i precipitació a l'àrea d'estudi. Els valors representen les mitjanes anuals i corresponen al conjunt de les superfícies estudiades.

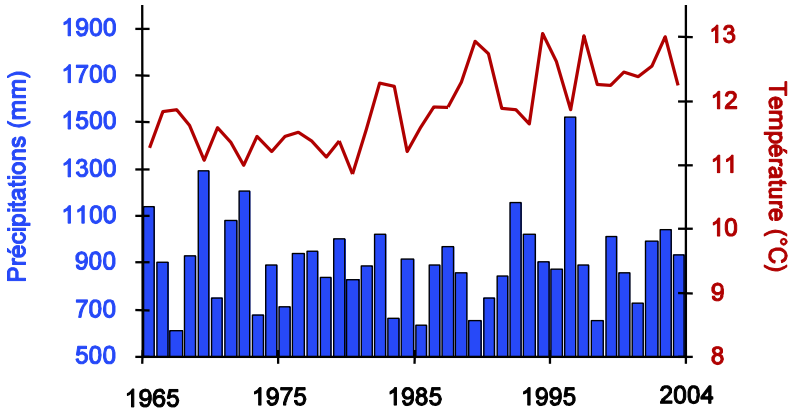


Figura 5 - “Carnet d’identitat” de l’escalfament a les conques dels rius costaners estudiats. Els colors indiquen l’augment de la temperatura mitjana entre 1965 i 2004 (blanc: sense tendències). La regió es reescalfa especialment a la primavera i l’estiu, amb els valors més alts durant els mesos de transició (març i agost).

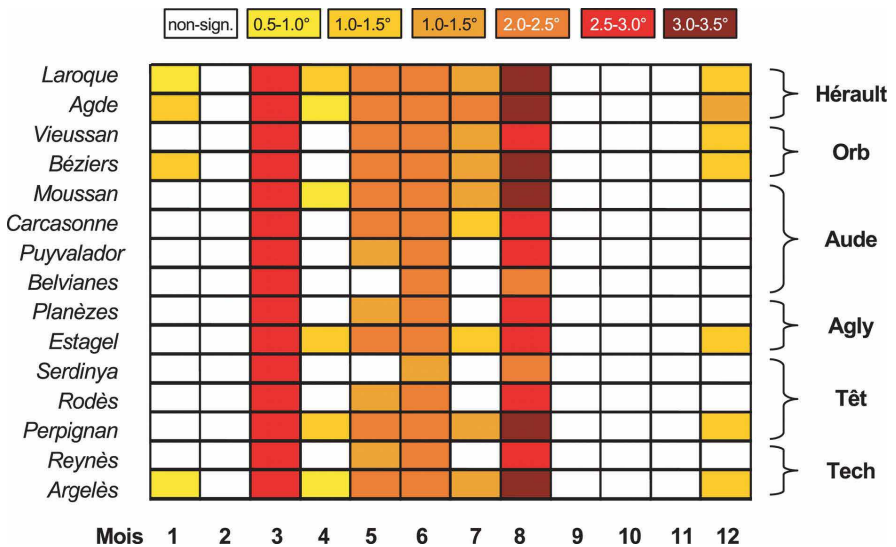
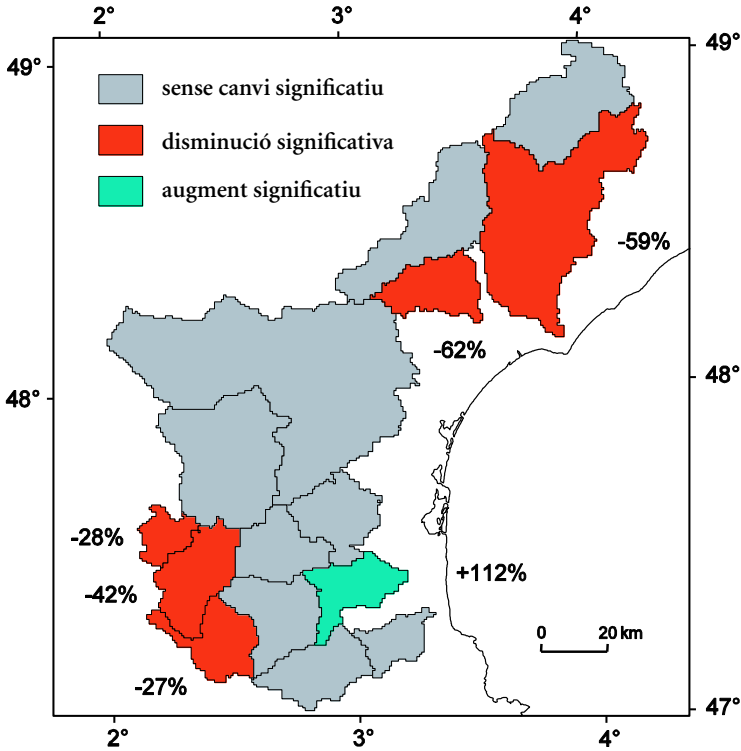


Figura 6 - Evolució dels recursos hídrics a l'àrea d'estudi. Els valors representen els canvis de flux a les conques hidrogràfiques en percentatge del flux mitjà. Només estan representats els canvis significatius. Per obtenir més explicacions, consulteu el text.



l'altra, però se situen més al nord, al tram d'aigües avall de les conques hidrogràfiques de l'Orb i l'Erau. La seva elevació mitjana és baixa. L'única conca amb una tendència del cabal a l'alça és la de «Perpinyà» al sud-est; cal recordar que es tracta de la conca que pateix més l'extracció d'aigua per a l'agricultura i que el seu cabal específic pot ser fins i tot negatiu.

Quan s'acumulen els canvis només en aquestes sis conques (la majoria de les altres conques també mostren disminucions, però les tendències són estadísticament menys significatives), s'obté una reducció d'aproximadament 20 % de tots els fluxos a l'àrea d'estudi, i per tant, dels recursos hídrics. Aquest valor és important i planteja la qüestió sobre l'origen d'aquesta reducció. Segons la fórmula (i), hi ha tres factors que poden causar una reducció del flux (Q): disminució de les precipitacions (P), un augment de l'evaporació (E), i/o una reducció dels dipòsits interns a les conques (ΔS). En la mesu-

ra que les precipitacions no han evolucionat (vegeu-ho més amunt), cal posar els altres dos factors en dubte. Òbviament, cal afegir-hi la possibilitat d'exploració intensiva dels recursos hídrics per l'activitat humana.

Per al primer grup, el de les conques d'altitud, és probable que l'augment de l'evaporació, directament relacionada amb la pujada de les temperatures, sigui la causa de la baixada dels cabals. Els dipòsits interns, especialment els aquífers, estan poc desenvolupats en les regions més altes i les explotacions humanes són petites. Les temperatures més càlides poden perllongar la durada de la fase activa de la vegetació, que és responsable en gran part de l'aigua evaporada. La forta pujada de la temperatura al març concorda amb aquesta hipòtesi. Un altre fenomen, també controlat per la temperatura, està relacionat amb la neu. En aquest estat és difícil que l'aigua s'evapori; no obstant això, si l'escalfament global redueix la quantitat de neu, cau en forma de pluja un volum més gran d'aigua i per tant es converteix en disponible per a l'evaporació. El fet que la majoria de les conques d'altitud al vessant sud dels Pirineus mostrin tendències a la baixa pel que fa als cabals (López-Moreno *et al.*, 2008) concorda perfectament amb aquesta explicació.

En el segon grup, el de les conques del nord, la situació és més complexa. En aquest cas, sembla que els dipòsits interns hi tenen un paper molt més important. A diferència de la zona muntanyosa, els sòls i els aquífers estan ben desenvolupats a les planes al·luvials d'aigües avall i l'intercanvi d'aigua amb els rius pot ser significatiu. Quan disminueix el subministrament d'aquests dipòsits per infiltració, la conseqüència és una reducció dels cabals. És possible que l'augment del poder evaporador de l'atmosfera per la pujada de les temperatures redueixi la infiltració d'aigua a zones profundes i, per tant, baixi el nivell dels dipòsits subterranis. També una sobreexplotació dels aquífers per l'home pot ser la causa d'aquesta disminució, tot i que cal tenir en compte que les extraccions humanes són molt inferiors a la manca d'aigua dels rius.

En un context general de disminució dels cabals, la tendència significativa a l'alça de la conca de «Perpinyà» pot ser sorprenent. Aquesta conca va rebre la construcció d'una presa important durant el període d'estudi el 1976 i és probable que la tendència creixent mostri que l'explotació de l'aigua es fa d'una manera cada vegada més econòmica. S'han dut a terme nombrosos esforços a la conca hidrogràfica de la Tet per reduir el consum d'aigua per al reg, i l'existència de la presa ha permès una gestió de l'aigua més adequada.

7. QUINA EVOLUCIÓ S'ESPERA ELS PRÒXIMS ANYS?

Per tal d'establir les diverses possibilitats d'evolució en el futur, els autors han iniciat un segon estudi que inclou l'elaboració de models (Lespinas *et al.*, 2014). Un enfocament com aquest requereix la combinació dels models hidrològics, determinats en l'àmbit local, amb models de circulació atmosfèrica a gran escala. Els resultats mostren que els recursos es reduiran encara més i que fins i tot poden arribar a

un llinzar crític. Però les incerteses segueixen sent grans, principalment a causa de la limitació dels models que permeten obtenir càlculs d'alta resolució espacial, que són necessaris per a una reproducció fidel de la complexitat de la Mediterrània. Per tant, determinar un valor precís per a les pròximes dècades no és fàcil. No obstant això, tot i que cal ser caut a l'hora d'interpretar les xifres, és molt probable que la disminució dels recursos encara continuï. Tots els models del clima concorden que l'accentuació de la sequera a l'estiu –com s'ha pogut comprovar en els darrers anys– és precisament la tendència que seguirà el clima de l'àrea d'estudi els pròxims anys. I l'actualització de les estadístiques sobre els cabals dels rius estudiats fins al 2017 (Sadaoui *et al.*, en preparació) no deixa gaire lloc a l'esperança. Els tretze anys d'ampliació de les sèries d'observació permeten l'aparició de tendències negatives i molt significatives per a tots els rius costaners estudiats. La disminució dels recursos hídrics, estimats en el –20 % per al període 1965-2004, arriba avui dia al voltant del –40% per al període 1965-2017.

BIBLIOGRAFIA

- GIORGI, F.; LIONELLO, P. (2007) *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global Planet. Change 63, 90–104. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.glopac-ha.2007.09.005>>
- HURRELL, J. W. (1995) *Decadal trends in the North Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation*. Science 269: 676-679.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1.535 p., doi:10.1017/CBO9781107415324.
- KENDALL, M. G. (ed.) (1975) *Rank Correlation Measures*. Charles Griffin, London.
- LESPINAS, F.; LUDWIG, W.; HEUSSNER, S. (2009) *Impacts of recent climate change on the hydrology of coastal Mediterranean rivers in southern France: case of the Languedoc-Roussillon area (Gulf of Lions)*. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-009-9668-1.
- LESPINAS, F.; LUDWIG, W.; HEUSSNER, S. (2014) *Hydrological and climatic uncertainties associated with modeling the impact of climate change on water resources of small Mediterranean coastal rivers*. Journal of Hydrology 511 (2014) 403–422.
- LÓPEZ-MORENO, J. I.; BENISTON, M.; GARCÍA-RUIZ, J. M. (2008) *Environmental change and water management in the Pyrenees: facts and future perspectives for Mediterranean mountains*. Glob Planet Change 61:300–312.

- LUDWIG, W.; MEYBECK, M.; ABOUSAMRA, F. (2003) *Riverine transport of water, sediments, and pollutants to the Mediterranean Sea*. UNEP MAP Technical report Series 141, UNEP/ MAP Athens, 111 p.
- LUDWIG, W.; DUMONT, E.; MEYBECK, M.; HEUSSNER, S. (2009) *River discharges of water and nutrients to the Mediterranean Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades?* Progress In Oceanography, 80, 199-217.
- MARTIN-VIDE, J.; LÓPEZ-BUSTINS, J. A. (2006) *The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Iberian Peninsula*. Int J. Clim 26:1455-1475.
- TRENBERTH, K. E.; JONES, P. D.; AMBENJE, P.; BOJARIU, R.; EASTERLING, D.; KLEIN TANK, A.; PARKER, D.; RAHIMZADEH, F.; RENWICK, J. A.; RUSTICUCCI, M.; SODEN, B.; ZHAI, P. (2007) «Observations: Surface and Atmospheric Climate Change». *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- TREWARTHA, G. T. (1943) «Koppen's classification of climates». Mc Graw, M. (ed.) *An introduction to weather and climate*. New York.

ESTRATÈGIES DEL SECTOR TURÍSTIC EN EL PROVEÏMENT I L'ESTALVI D'AIGUA ENFRONT DELS REPTES DEL CANVI CLIMÀTIC

ANNA RIBAS PALOM

Departament de Geografia i Institut de Medi Ambient
Universitat de Girona
anna.ribas@udg.edu

Resum

Un dels principals impactes del canvi climàtic a la Mediterrània és la disminució en la disponibilitat d'aigua. El turisme, una les activitats econòmiques que ha anat més a l'alça en els darrers temps, en pot patir especialment les conseqüències des del moment en què els turistes necessiten aigua amb la quantitat i qualitats suficients per atendre les seves necessitats bàsiques i dur a terme activitats de lleure, esport i salut. Aquest treball identifica i analitza les estratègies que du a terme el sector turístic català i, en especial el de la Costa Brava, a l'hora de proveir-se d'aigua i d'aplicar mesures d'estalvi hídric, alhora que s'interessa pels incentius i barreres que aquest sector percep per seguir implantant noves mesures d'estalvi. La dependència creixent de fonts de proveïment externes, la davallada del consum d'aigua per càpita i la constatació que les mesures d'estalvi hídric bàsiques, de baix cost econòmic i reduïda complexitat tècnica són les més habituals, en serien els principals resultats.

Paraules clau

Turisme, gestió de l'aigua, consum d'aigua, mesures d'estalvi hídric, Costa Brava.

1. INTRODUCCIÓ

Garantir la disponibilitat d'aigua, tant en quantitat com en qualitat, esdevé primordial per al sector turístic. Els turistes necessiten aigua per atendre les seves necessitats bàsiques, però també per a la pràctica d'activitats esportives, d'oci o salut (Gössling i altres, 2012). Tant és així que les restriccions o la mala qualitat de l'aigua poden afectar negativament la imatge de les destinacions (Hall i Murphy, 2010; Rico-Amoros i altres, 2013), tal com va succeir a Benidorm arran de la sequera que va patir els anys 1977 i 1978 (Saurí i altres, 2013) o, en un cas més recent, a Mallorca, amb la greu sequera de l'estiu de l'any 2000 (Kent *et al.*, 2002).

Tot i que els efectes del canvi climàtic sobre la disponibilitat d'aigua són complexos i de diversa incidència, tot apunta que al litoral mediterrani la interrelació dels factors de demanda i d'oferta d'aigua poden provocar una menor garantia dels recursos totals disponibles o una dificultat més gran i costosa per obtenir-los. Des del punt de vista de la disponibilitat del recurs les prediccions indiquen una reducció de les precipitacions, sobretot a l'estiu i la tardor. Per tant, és previsible que les principals fonts d'abastament d'aigua convencionals del litoral disposaran de menys aigua. Des del punt de vista de la demanda, els principals efectes del canvi climàtic sobre l'augment del consum d'aigua per part d'un sector turístic en alça revertiran en una major demanda d'aigua per a higiene personal, per al reg de jardins i zones verdes, per al major ús d'instal·lacions com piscines i parcs aquàtics, o per al consum de boca. A més, cal tenir en compte que aquest augment de la demanda hídrica es pot allargar cap a èpoques de l'any com la primavera i la tardor. Tanmateix, el model urbà dispers dominant en els darrers anys en molts d'aquests espais turístics afavoreix un consum més elevat d'aigua (més zones enjardinades, piscines). És molt probable, doncs, que aquesta menor disponibilitat d'aigua agreugi les tensions i conflictes entre el sector turístic i els altres usuaris de l'aigua a l'hora d'assignar prioritats en moments d'escassetat hídrica (Fraguell *et al.*, 2016).

L'objectiu d'aquest treball és identificar i analitzar quines estratègies utilitza el sector turístic català a l'hora de proveir-se d'aigua i d'aplicar mesures d'estalvi hídric davant els reptes que plantegen aquests impactes del canvi climàtic sobre la disponibilitat d'aigua, així com els incentius i barreres que aquest sector percep a l'hora de seguir implantant noves mesures d'estalvi. Per fer-ho, ens basarem en part dels resultats obtinguts en tres dels projectes d'investigació que des del grup de recerca Medi Ambient i Tecnologies de la Informació Geogràfica de la Universitat de Girona venim desenvolupant en els darrers anys entorn a aquest tema¹, i que centren el seu interès en el cas del sector turístic català però, en especial, en el cas particular de la Costa Brava.

1 Els tres projectes de recerca a què ens referim són RIBAS, Anna; FRAGUELL, Rosa Ma. (2012-2014), *Diagnosi del sector turístic català. Consum d'aigua i mesures d'estalvi hídric*. Girona: Catalan Water Partnership; RIBAS, Anna (2014 - 2017), *Análisis de tendencias y estrategias de resiliencia en los usos y el consumo de agua en espacios turísticos. El caso de la Costa Brava*. MINECO. Ref. CSO2013-41262-P i RIBAS, Anna (2017-2019), *Incentivos y barreras para el ahorro hídrico en el sector turístico. Análisis y propuestas para una gestión eficiente del agua*. MINECO, Ref. CSO2016-75740-P.

El treball s'estructura en cinc grans apartats. A aquest primer apartat d'introducció li segueix un apartat dedicat a presentar l'estat de la qüestió entorn als avenços científics realitzats fins avui entorn al tema objecte d'estudi. A continuació es presenta el sector turístic català, en especial el de la Costa Brava, en relació amb les seves pràctiques d'ús i consum d'aigua, les seves estratègies de proveïment d'aigua i les mesures d'estalvi que porta a terme. Un quart apartat apunta quins són els incentius i barreres que percep el sector turístic català quan es tracta de seguir implantant mesures d'estalvi hídric. Tanca el treball un apartat de conclusions.

2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Tot i la preocupació que sens dubte genera aquest escenari de precarietat hídrica com a conseqüència dels efectes del canvi climàtic, són nombrosos els experts que han identificat la manca de recerques que posin l'èmfasi en la relació entre el turisme i l'aigua (Deyà i Tirado, 2011; Hadjikakou *et al.*, 2013). Això és especialment preocupant des del moment que el consum d'aigua pot arribar a representar entre el 10 i el 20 % del consum total d'aigua potable en els països on el turisme és un sector clau de l'economia (Gössling *et al.*, 2012).

Entre els treballs més destacats avui dominen aquells que posen en relleu la influència del turisme en el consum d'aigua i la necessitat de tenir en compte diversos factors de tipus estructural (p. ex., categoria dels establiments d'allotjament turístic, nombre de places, presència de serveis amb requeriments hídrics elevats, com jardins, piscines o balnearis, etc.) a l'hora de determinar les estratègies necessàries per augmentar la resiliència del sector turístic als canvis en els patrons de la disponibilitat d'aigua (Barberán *et al.* 2013; Bohdanowicz i Martinac, 2007; Charara *et al.*, 2011; Deyà i Tirado, 2011). En canvi, els factors organitzatius que poden influir en el consum d'aigua de les activitats turístiques han estat menys explorats (Tzschentke *et al.*, 2004). Aquesta mancança és especialment rellevant des del moment que l'adopció per part del sector turístic de mesures d'estalvi hídric (des de mesures bàsiques com serien els airejadors a les aixetes o els mecanismes de doble pulsació en els sanitaris fins a mesures més avançades com l'aprofitament d'aigües grises o pluvials), contribueix sens dubte a fer un ús molt més eficient de l'aigua.

Hi ha múltiples raons que expliquen una major predisposició per part del gestor d'un establiment o equipament turístic a promoure i dur a terme bones pràctiques ambientals (Quazi *et al.*, 2001). Des de les relacionades amb una elevada preocupació i sensibilització ambiental del gestor o la intenció de reduir costos operatius, fins a les que persegueixen millorar l'estratègia empresarial o, senzillament, complir amb la normativa ambiental vigent. De la mateixa manera, hi ha també obstacles que no faciliten l'aplicació de bones pràctiques ambientals d'estalvi hídric per part del gestor (Chan, 2008; Kasim *et al.*, 2014), com la manca de recursos econòmics i/o de temps per aplicar-les, un baix nivell de preocupació i sensibilització mediambiental o el poc

convenciment dels beneficis que s'associen al desenvolupament d'aquestes bones pràctiques ambientals (Kasim *et al.*, 2014).

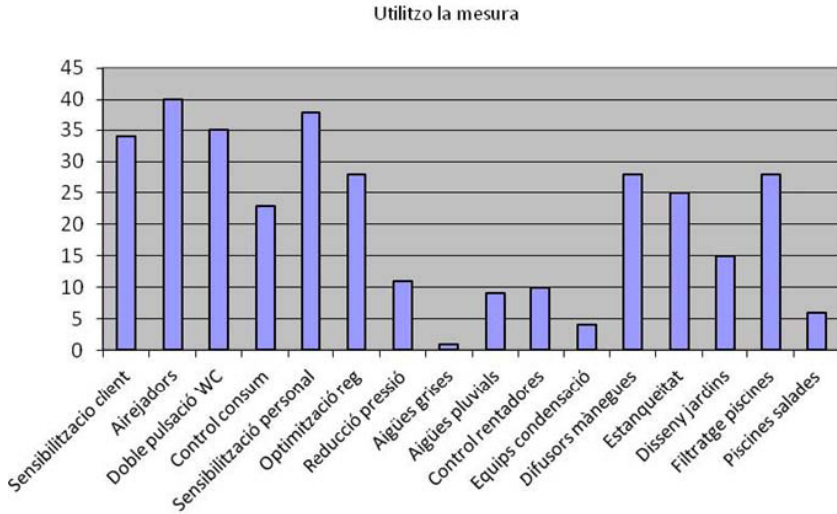
3. TENDÈNCIES EN EL CONSUM D'AIGUA, ESTRATÈGIES DE PROVEÏMENT I MESURES D'ESTALVI HÍDRIC EN EL SECTOR TURÍSTIC

Són molts els assentaments turístics del litoral mediterrani peninsular que han pogut consolidar-se gràcies a la portada d'aigua procedent de fonts ubicades fora dels seus límits municipals. La Costa Brava no és un cas a part. Al llarg dels anys, molts dels seus municipis han vist com les reserves hídriques locals no podien garantir el subministrament necessari per fer front a l'augment de la demanda durant l'època estival amb l'arribada del turisme. Amb el pas dels anys, la majoria de municipis han creat les infraestructures hidràuliques necessàries per fer possible el transport de l'aigua, bé des de pous situats fora del seu terme municipal, bé mitjançant canonades que porten l'aigua des dels embassaments de Sau-Susqueda-el Pasteral o Boadella o, més recentment, de la planta dessaladora de Blanes, en el cas de la Costa Brava sud. Així, la Costa Brava ha vist com la seva conca hidrosocial augmentava a mesura que es consolidava com a gran pol d'atracció turística internacional (Gabarda i Ribas, 2016). En els darrers anys el desplegament del programa de mesures derivat del Pla de Gestió del Districte Fluvial de Catalunya, aprovat el novembre del 2010, ha perseguit el propòsit de donar una major garantia d'abastament als municipis turístics del litoral. Les actuacions que se'n deriven resulten de combinar la dessalinització, la reutilització, la recuperació d'aquífers, la interconnexió de xarxes i la millora de l'eficiència, el que ha implicat, per al cas concret de la Costa Brava, el reforç de l'abastament de la Costa Brava centre mitjançant la construcció d'una nova canonada i la continuïtat donada a la reutilització d'aigua regenerada.

També el propi sector turístic contribueix al descens continuat, des de fa aproximadament una dècada, del consum d'aigua per càpita. Malgrat l'absència generalitzada de dades específiques sobre consum d'aigua per part del sector turístic, els estudis realitzats per a uns pocs municipis, establiments o equipaments turístics de Catalunya (Ribas i Fraguell, 2013-2014) i de la Costa Brava en particular (Gabarda, 2017) mostren que s'ha produït una reducció significativa en el consum d'aigua destinada a aquests usos turístics, molt en línia al que està succeint en altres destinacions turístiques del litoral mediterrani peninsular (Baños *et al.*, 2010; Saurí *et al.*, 2013). Aquesta reducció s'explica per la incidència que hi tenen una multiplicitat de factors, entre els quals destaquen la crisi econòmica i l'augment en el preu de l'aigua, les innovacions institucionals i tecnològiques aplicades a la gestió de l'aigua, els canvis d'hàbits de consum per part dels mateixos turistes i la creixent sensibilització del mateix sector cap a l'estalvi hídric. Tanmateix, l'aparició en els darrers anys de casos de bones pràctiques en el sector turístic pel que fa a la gestió eficient del cicle de l'aigua mostra que l'aplicació de tecnologies d'eficiència hídrica pot arribar a suposar entre un 20 i un 30% d'estalvi en aquests establiments i equipaments turístics.

Figura 1. Mesures habituals d'estalvi d'aigua en el sector turístic català (mostra d'hotels, càmpings, cases de turisme rural, camps de golf, ports esportius i un parc temàtic).

Font: Ribas i Fraguell (2013-14).



La figura 1 il·lustra les mesures d'estalvi d'aigua utilitzades pel sector turístic en una mostra d'hotels, càmpings, cases de turisme rural, camps de golf, ports esportius i un parc temàtic de Catalunya. Com es pot observar, les mesures més habituals són les bàsiques, que o bé són d'obligatòria instal·lació arran de la normativa ambiental i/o urbanística vigent, o bé requereixen d'una clara intencionalitat d'implementació per part dels gestors, però que no suposen ni una gran inversió econòmica ni un elevat nivell de coneixements tècnics. Les quatre mesures més desenvolupades són la sensibilització al personal, els airejadors a les aixetes, la sensibilització al client i la doble pulsació en els sanitaris, les quals tenen en comú una baixa o inclús en alguns casos nul·la inversió econòmica. A l'altre extrem, les mesures avançades, les que requereixen d'una notable inversió econòmica i necessiten d'un coneixement tècnic avançat, són les que presenten una menor acceptació. Les mesures que, per exemple, incideixen en el tractament i la reutilització de les aigües grises o pluvials impliquen, a més, una elevada capacitat per innovar des del punt de vista tecnològic (Kasim *et al.*, 2014).

En aquest punt és interessant incorporar l'exemple de l'hotel Samba, a Lloret de Mar. L'Hotel Samba, amb una categoria de tres estrelles, 441 habitacions i 882 places, compta amb un eficient sistema de reutilització de les aigües grises generades als banys de les habitacions, que després de ser tractades, són reenviades de nou a les cisternes dels sanitaris. Aquest sistema de reutilització ha permès l'estalvi de més de 160.000 m³ d'aigua des de 1997, i ha fet que el consum per pernoctació se situï actualment a nivells inferiors als 100 litres per persona i dia.

4. INCENTIUS I BARRERES PER A L'ESTALVI HÍDRIC EN EL SECTOR TURÍSTIC

En línies generals, la motivació principal que tenen els gestors del sector turístic per implementar mesures d'estalvi hídric és la reducció de costos econòmics (Ayuso, 2007; Chan i Hawkins, 2010). És el mateix que succeeix en el cas dels hotels de Lloret de Mar (Gabarda i Ribas, en premsa) i en els hotels i càmpings de la badia de Pals, on inclús s'ha pogut observar com el nombre de mesures d'estalvi implantades en aquests establiments ha tendit a augmentar a partir de la sequera de 2007-2008, quan la crisi econòmica es va combinar amb un increment notable de les tarifes pel servei d'aigua (Llausàs *et al.*, 2016). La preocupació pel medi ambient també apareix com un incentiu que explica l'adopció de mesures d'estalvi per part del sector turístic, tot i que ocupa una posició molt més secundària respecte a l'incentiu associat a la reducció de costos. També s'ha demostrat que algunes empreses turístiques empren bones pràctiques ambientals mogudes per una millora de la seva imatge i de la seva competitivitat en el mercat (DiPietro *et al.*, 2013; Kasim *et al.*, 2014; Nyahunzvi, 2013).

Referent a les principals barreres a l'estalvi hídric, el sector turístic acostuma a al·ludir al desconeixement o falta d'accés als mitjans necessaris per informar-se sobre com estalviar més aigua (Ayuso, 2007; Chan, 2008), l'elevada inversió econòmica que suposa la instal·lació de dispositius i/o mecanismes estalviadors d'aigua, especialment quan es tracta de mesures avançades, o bé als inconvenients associats als processos de renovació dels certificats ambientals i/o de qualitat (Bramwell i Alletorp, 2001; Vernon *et al.*, 2003) (taula 1).

Taula 1. Tipologia d'incentius i barreres a l'estalvi hídric percebudes pels gestors del sector turístic.

	Incentius	Obstacles
Normatius i/o instrumentals	Subvencions o ajudes que promouen l'estalvi. Complir la normativa vigent.	Manca de normativa i/o ajudes que promoguin l'estalvi. Inexistència de bonificacions econòmiques. Manca d'accés a guies i/o informació sobre com estalviar aigua. Inexistència d'ens o associacions que promoguin l'estalvi.
Socioculturals	Responsabilitat socioambiental de les empreses turístiques.	Complexitat associada a les bones pràctiques. Baixa consciència de la responsabilitat socioambiental. Manca de coneixements tècnics. Manca de temps.

	Incentius	Obstacles
Econòmics	Reduir costos.	Costos d'implantació massa elevats. No es perceben beneficis econòmics a curt termini.
Estratègics o de gestió	Resposta a la demanda dels turistes. Millora de la imatge del sector. Màrqueting i publicitat. Millora de la pròpia gestió interna. Corregir les males pràctiques dels clients.	Risc de reduir el confort del turista. Manca de col·laboració dels turistes. Dificultats per involucrar els propis treballadors.

Finalment, és important destacar que gairebé la totalitat dels factors que s'esmenten com a possibles facilitadors o barreres a l'hora d'implementar mesures d'estalvi de l'aigua són de tipus intern. Aquests factors interns estarien relacionats amb la rendibilitat de l'empresa turística i/o amb la sensibilitat, percepció i actituds dels seus gestors en relació amb el medi ambient. Factors externs, com ara la demanda dels propis clients o fins i tot la pressió de l'administració competent pel que fa a l'estalvi, pràcticament mai s'identifiquen com a rellevants per part dels gestors (Llausàs *et al.*, 2016).

5. CONCLUSIONS

El bon desenvolupament social i econòmic dels assentaments turístics del litoral mediterrani no hauria estat possible sense una disponibilitat suficient d'aigua, tant en quantitat com en qualitat, que permetés donar resposta a l'augment de la demanda amb l'arribada del turisme. D'aquí que les administracions locals, esperonades pel propi sector turístic, se les han hagut d'enginyar per dotar d'aigua suficient i de qualitat als residents i als turistes d'aquests municipis litorals. En aquest treball la Costa Brava s'ha presentat com un exemple clar de com, a partir de la segona meitat del segle XX, ha calgut construir les infraestructures hidràuliques necessàries per fer possible el transport de l'aigua des de distàncies cada vegada més grans. Així, la Costa Brava ha vist com la seva conca hidrosocial augmentava a mesura que es consolidava com a gran pol d'atracció turística internacional. Amb tot, en els darrers anys, alguns canvis significatius en les fonts de proveïment d'aigua semblen apuntar a un canvi de paradigma en la cerca de noves fonts hídriques. La construcció de les dues plantes dessaladores i l'augment de la producció d'aigua regenerada obren les portes a un subministrament d'aigua a partir de fonts no convencionals, el qual frena en part la portada d'aigües d'altres fonts externes.

Un altre canvi rellevant està essent la davallada que experimenta el consum d'aigua per càpita, no només a la Costa Brava, sinó que és una tendència general que els països desenvolupats estan experimentant al llarg dels últims anys. En el cas concret de la Costa Brava, aquesta reducció no hauria estat possible sense la incidència de factors com les innovacions institucionals i tecnològiques aplicades a la gestió de l'aigua, l'augment de la sensibilització ciutadana per l'estalvi hídric, l'aparició i aposta cap a fonts de proveïment no convencionals o la crisi econòmica i l'augment del preu de l'aigua.

També el sector turístic contribueix al descens continuat del consum d'aigua per càpita en molts dels municipis. Les mesures d'estalvi hídric més habituals que aplica aquest sector són les anomenades *mesures bàsiques* (airejadors, doble pulsació en els sanitaris, sensibilització de clients i personal per l'estalvi hídric, etc.), que o bé són d'obligatòria instal·lació arran de la normativa ambiental i/o urbanística vigent, o bé requereixen una clara intencionalitat d'implementació per part dels gestors, però que no suposen ni una gran inversió econòmica ni un elevat nivell de coneixements tècnics. Tot i la constatació d'un cert grau de consciència ambiental generalitzat entre els gestors d'aquest sector turístic, les prioritats econòmiques i a curt termini del seu model de gestió releguen l'adopció de mesures d'estalvi hídric a un segon pla (Ayuso, 2006). En aquest sentit, els resultats obtinguts ara per ara en els diferents projectes de recerca que venim desenvolupant apunten que el sector de l'allotjament turístic a la Costa Brava es troba encara en una fase identificada per autors com Le *et al.* (2006) o Mensah (2006) en la qual només les mesures d'estalvi hídric fàcilment rendibles i que proporcionin un avantatge competitiu estan essent implantades.

En definitiva, l'anàlisi dels canvis i permanències en les relacions entre el desenvolupament turístic, les formes de proveïment de l'aigua, els patrons de consum i les mesures d'estalvi hídric esdevé un exercici clau per avaluar el nivell de resiliència del turisme als efectes del canvi climàtic i poder plantejar les millors propostes de gestió possibles. Només d'aquesta manera podrem donar respostes encertades als reptes locals i globals en matèria de sostenibilitat turística i de gestió de l'aigua, i garantir que en el futur el turisme segueixi essent un motor de creixement, de creació i difusió de riquesa i de generació de noves oportunitats.

6. BIBLIOGRAFIA

- Ayuso, S. (2007). "Comparing voluntary policy instruments for sustainable tourism: The experience of the Spanish hotel sector". *Journal of Sustainable Tourism*, 15(2): 144–159. <<http://doi.org/10.2167/jost617.0>>
- Baños, C. J.; Vera, J. F. i Díez, D. (2010). "El abastecimiento de agua en los espacios y destinos turísticos de Alicante y Murcia". *Investigaciones Geográficas*, 51, 81–105.
- Barberán, R.; Egea, P.; Gracia-de-Rentería, P. i Salvador, M. (2013). "Evaluation of water saving measures in hotels: A Spanish case study". *International Journal of Hospitality Management*, 34: 181–191. <[doi:10.1016/j.ijhm.2013.02.005](https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2013.02.005)>

- Bohdanowicz, P., i Martinac, I. (2007). “Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels—Case study of Hilton International and Scandic in Europe”. *Energy and Buildings*, 39: 82–95. <<http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.05.005>>
- Bramwell, B. i Alletorp, L. (2001). “Attitudes in the Danish tourism industry to the roles of business and government in sustainable tourism”. *International Journal of Tourism Research*, 3(2): 91–103. <<http://doi.org/10.1002/jtr.242>>
- Chan, E. S. W. (2008). “Barriers to EMS in the hotel industry”. *International Journal of Hospitality Management*, 27(2): 187–196. <<http://doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.07.011>>
- Chan, E. S. W. i Hawkins, R. (2010). “Attitude towards EMSs in an international hotel: An exploratory case study”. *International Journal of Hospitality Management*, 29(4): 641–651. <<http://doi.org/10.1016/j.ijhm.2009.12.002>>
- Charara, N.; Cashman, A.; Bonnell, R. i Gehr, R. (2011). “Water use efficiency in the hotel sector of Barbados”. *Journal of Sustainable Tourism*, 19(2): 231–245. <<http://doi.org/10.1080/09669582.2010.502577>>
- Deyà, B. i Tirado, D. (2011). “Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the island of Mallorca”. *Journal of Environmental Management*, 92: 2568–2579. <[doi:10.1016/j.jenvman.2011.05.024](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.05.024)>
- DiPietro, R. B., Cao, Y. i Partlow, C. (2013). “Green practices in upscale foodservice operations Customer perceptions and purchase intentions”. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 25(5): 779–796. <<http://doi.org/10.1108/IJCHM-May-2012-0082>>
- Fraguell, Rosa Ma.; Gómez, Belén; Llurdés, Joan Carles; Martí, Carolina; Ribas, Anna; Saurí, David (2016). “El turisme”, A Martín Vide, J. (coord.), *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans.
- Gabarda, A. (2017). *Canvis recents en el consum i la gestió de l'aigua en espais turístics. El cas de la Costa Brava (Girona)*. Girona: Universitat de Girona, Tesi doctoral. Programa de Doctorat en Medi Ambient. <<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/401740/tagm1de1.pdf?sequence=7>>
- Gabarda, A. i Ribas, A. (2016). “Understanding reductions in water consumption in tourist areas: a case study of the Costa Brava, Spain”. *International Journal of Water Resources Development*. <<http://doi.org/10.1080/07900627.2016.1142861>>
- Gabarda, A. i Ribas, A. (en premsa). “Exploración de tipologías hoteleras según el nivel de implementación de medidas de ahorro hídrico a través de un análisis clúster. El caso de Lloret de Mar (Costa Brava)”. *Cuadernos turísticos*.
- Gössling, S.; Peeters, P.; Hall, C. M.; Ceron, J.-P.; Dubois, G.; Lehmann, L. V., i Scott, D. (2012). “Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review”. *Tourism Management*, 33: 1–15. <<http://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.03.015>>

- Hadjikakou, M.; Chenoweth, J. i Miller, G. (2013). “Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern Mediterranean”. *Journal of Environmental Management*, 114: 548–556. <<http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.002>>
- Hall, J. i Murphy, C. (2010). “Vulnerability Analysis of Future Public Water Supply Under Changing Climate Conditions: A Study of the Moy Catchment, Western Ireland”. *Water Resources Management*, 24: 3527–3545. <[10.1007/s11269-010-9618-8](https://doi.org/10.1007/s11269-010-9618-8)>
- Kasim, A.; Gursoy, D.; Okumus, F. i Wong, A. (2014). “The importance of water management in hotels: a framework for sustainability through innovation”. *Journal of Sustainable Tourism*, 22(7): 1090–1107. <<http://doi.org/10.1080/09669582.2013.873444>>
- Kent, M.; Newnham, R. i Essex, S. (2002). “Tourism and sustainable water supply in Mallorca: a geographical analysis”. *Applied Geography*, 22: 351–374. <[doi:10.1016/S0143-6228\(02\)00050-4](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(02)00050-4)>
- Le, Y.; Hollenhorst, S.; Harris, C.; McLaughlin, W. i Shook, S. (2006). “Environmental management. A Study of Vietnamese Hotels”. *Annals of Tourism Research*, 33(2): 545–567. <<https://doi.org/10.1016/j.annals.2006.01.002>>
- Llausàs, A.; Padullés, J.; Ribas, A. (2016). “Drivers and barriers for water conservation in accommodation establishments in the Costa Brava”. A: *International Conference on Global Tourism and Sustainability*. Lagos, Portugal. 12-14 octubre de 2016. Publicada en: Greenlines Institute for Sustainable Development, Lira, S.; Mano, A.; Pinheiro, C.; Amoêda, R. (eds) (2016). *Tourism 2016. International Conference on Global Tourism and Sustainability*: 241-248.
- Mensah, I. (2006). “Environmental management practices among hotels in the greater Accra region”. *International Journal of Hospitality Management*, 25(3): 414–431. <[10.1016/j.ijhm.2005.02.003](https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2005.02.003)>
- Nyahunzvi, D. K. (2013). “CSR reporting among Zimbabwe’s hotel groups: a content analysis”. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 25(4): 595–613. <<http://doi.org/10.1108/09596111311322943>>
- Quazi, H.; Khoo, Y.; Tan, C. i Wong, P. (2001). “Motivation for ISO 14000 certification: development of a predictive model”. *The International Journal of Management Science*, 29: 525–542. <[http://doi.org/10.1016/S0305-0483\(01\)00042-1](http://doi.org/10.1016/S0305-0483(01)00042-1)>
- Ribas, A. i Fraguell, R.M. (2012-2014). *Diagnosi del sector turístic català. Consum d'aigua i mesures d'estalvi hídric*. Girona: Catalan Water Partnership.
- Rico-Amoros, A. M.; Sauri, D.; Olcina-Cantos, J., i Vera-Rebollo, J. F. (2013). “Beyond Megaprojects?. Water Alternatives for Mass Tourism in Coastal Mediterranean Spain”. *Water Resources Management*, 27: 553–565. <[doi:10.1007/s11269-012-0201-3](https://doi.org/10.1007/s11269-012-0201-3)>

- Saurí, D.; Olcina, J.; Vera, JF.; Martin-Vide, J.; March, H.; Serra, A., i Padilla, E. (2013). "Tourism, climate change, and water resources. Coastal Mediterranean Spain as exemple". A: Schmidt-Thomé, P. and Grieving, S. (eds). *European Climate Vulnerabilities and Adaptation*. Chichester, UK: Wiley: 199-208.
- Tzschentke, N. A.; Kirk, D. i Lynch, P. A. (2008). "Going green: Decisional factors in small hospitality operations". *International Journal of Hospitality Management*, 27(1): 126–133. <10.1016/j.ijhm.2007.07.010>
- Vernon, J.; Essex, S.; Pinder, D. i Curry, K. (2003). "The "greening" of tourism micro-businesses: Outcomes of focus group investigations in South East Cornwall". *Business Strategy and the Environment*, 12: 49–69. <<http://doi.org/10.1002/bse.348>>





Changement Climatique et Tourisme

PROLEGUE

ROSA M. FRAGUELL

Département de Géographie et Institut de l'Environnement, UdG

JOSEP CALBÓ

Département de Physiques, UdG

CAROLINA MARTÍ

Département de Géographie et Institut de l'Environnement, UdG

Le livre que vous lisez est un recueil de rapports représentatifs présentés à la XVII^e International Summer School on Environment (ISSE) qui a eu lieu les 21 et 22 septembre 2017 à l'Université de Gérone (UdG), co-organisée par l'Institut de Medi Ambient [Institut de l'Environnement] et l'Institut Superior d'Estudis Turístics (INSETUR) [Institut Supérieur des Études Touristiques] sous le titre « Changement climatique et tourisme ».

La décision de consacrer la dix-septième édition de l'ISSE à cette question provient des déclarations internationales et des recherches récemment réalisées qui justifient l'interconnexion entre les deux variables. Tout d'abord, l'un des accords convenus lors du Sommet Mondial du Tourisme Durable, célébré en novembre 2015 à Vitoria, énonce que le tourisme doit répondre activement et de manière urgente au changement climatique. Ensuite, dans la déclaration des Nations Unies dans le cadre de l'Année Internationale du Tourisme Durable pour le Développement en 2017, on identifie les destinations touristiques comme des espaces adaptés à l'application de l'Objectif 13 qui fait référence à l'adoption de mesures urgentes pour lutter contre le changement climatique et qui fait partie des 17 Objectifs de développement durable approuvés par les Nations Unies en septembre 2015. Enfin, la publication récente du Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne (TICCC) (2016) aborde également les impacts du changement climatique sur le tourisme dans son chapitre 16. Tous ces événements mettent le secteur touristique au défi d'entreprendre des actions d'implantation de mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique et les centres de recherche au défi de créer des espaces de réflexion et de débat pour arriver à la conciliation nécessaire entre tourisme et environnement et ainsi résoudre la relation difficile entre le tourisme et le changement climatique.

Le climat est une ressource essentielle pour le tourisme. D'ailleurs, une grande partie de l'offre touristique intègre le climat comme attrait principal. Par conséquent, les changements dans le climat et, surtout, les changements dans le temps météorologique, peuvent conditionner la demande touristique, c'est pour cette raison que le tourisme est particulièrement fragile et sensible au changement climatique. Le tourisme est un agent responsable du changement climatique de part ses importantes contri-

butions, surtout à travers le voyage, aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère mais il en est également la victime. En particulier, les segments les plus vulnérables sont le tourisme de soleil et plage et celui de neige puisque les experts en projections climatiques prévoient la perte de leurs principales ressources.

Dans ce contexte, les objectifs de l'ISSE 2017 sont d'analyser la manière dont le changement climatique touche le secteur touristique, de connaître la perception du secteur touristique sur cet impact et la manière dont il y réagit et enfin, de présenter plusieurs expériences d'adaptation aux défis du changement climatique menées par différentes destinations touristiques de littoral et de neige et en particulier, de la scène catalane.

L'ISSE 2017 se structure en différents domaines. Les deux premiers ont un caractère général et d'encadrement de l'année et couvrent les rapports présentés dans ce livre comme celui intitulé « Projections climatiques et situations futures » dans lequel sont expliqués les changements prévus à l'égard des variables climatiques à travers ce siècle et qui sont directement liées à la compétitivité du secteur touristique en Catalogne. Un autre des rapports inclus est celui intitulé « Le projet ECTAdapt: contribuer à l'adaptation de l'Espace Catalan Transfrontalier aux effets attendus du changement climatique » dans lequel est exposé le développement d'une politique commune ainsi que ses actions d'adaptation au changement climatique dans les communes de l'Espace Catalan Transfrontalier.

Le troisième domaine est consacré au tourisme de neige face au changement climatique et comprend le rapport intitulé « Tourisme et changement climatique dans les Pyrénées » dans lequel sont analysés les effets que peut avoir le changement climatique sur la diminution de l'attrait touristique de certaines stations de ski des Pyrénées, sur la dégradation de certains éléments iconographiques du paysage pyrénéen et sur l'augmentation du risque de phénomènes météorologiques extrêmes sur les infrastructures touristiques. Il inclut également le rapport intitulé « La vulnérabilité du tourisme de neige face au changement climatique. L'exemple des Pyrénées catalanes » qui évalue la situation actuelle des stations de ski dans les Pyrénées catalanes et leur viabilité future selon trois hypothèses climatiques et la présence ou non de neige artificielle et dans lequel est proposée comme alternative la transition vers des stations de montagne pour éviter la dépendance à la neige.

Enfin, le quatrième domaine est consacré au tourisme de soleil et plage face au changement climatique et comprend le rapport intitulé « La côte catalane: présent et futur » qui analyse la problématique de la côte catalane dans l'actualité et l'évolution prévue pour les plages catalanes vis-à-vis de la montée du niveau de la mer et dans lequel sont apportées différentes observations sur des futurs plans d'amélioration ainsi que quelques recommandations d'intervention possibles. Il comprend également le rapport intitulé « L'aptitude climatique pour le tourisme de soleil et plage en Catalogne face au changement climatique » qui expose que le climat de la côte catalane présente d'excellentes conditions pour la pratique de la modalité du tourisme de soleil et plage et qu'elle le restera à l'avenir et qui conclut en apportant des recommandations d'adaptation des calendriers d'utilisation récréative des plages à l'excellente potentialité de cette

ressource. Enfin, citons le rapport « Stratégies du secteur touristique dans l’approvisionnement et les économies d’eau face aux défis du changement climatique » qui étudie les principaux impacts du changement climatique sur le littoral catalan, en particulier la Costa Brava, sur la diminution de la disponibilité de l’eau et la manière dont ce problème affecte le tourisme et qui conclut avec une analyse des principales stratégies appliquées par le secteur touristique catalan dans l’approvisionnement de l’eau et les mesures d’économies hydriques.

En conclusion, il convient de souligner que tous ces rapports, tout comme le reste des contributions, n’auraient pas été possibles sans la collaboration de l’Université de Perpignan Via Domitia et du projet «ECTAdapt: contribuer à l’adaptation de l’Espace Catalan Transfrontalier aux effets attendus du changement climatique» (code EFA011/15 ECTAdapt) ainsi que de l’Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, le Département des Pyrénées-Orientales, la Generalitat de Catalunya, la Diputació de Girona à travers le Consell d’Iniciatives Locals per al Medi Ambient de les comarques de Girona (CILMA) [Conseil des Initiatives Locales pour l’Environnement] et le Conseil Social de l’Université de Gérone. Leur aide a été décisive pour garantir l’expertise des rapports et la participation élevée des personnes participantes ainsi que le livre que vous tenez entre vos mains.

PROJECTIONS CLIMATIQUES ET SCÉNARIOS POUR LE FUTUR

JOSEP CALBÓ

Departament de Física, Universitat de Girona.

C. Universitat de Girona, 4, 17003 Girona

josep.calbo@udg.edu

Résumé

Être en mesure de connaître le climat qu'il fera dans les années et décennies à venir, même si ce n'est que de manière approximative, est un facteur très important lors de la prise de décisions en matière d'adaptation au changement climatique, en particulier dans le secteur du tourisme en Catalogne. Ce chapitre présente les projections climatiques futures pour la Catalogne, conformément au cinquième chapitre du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, publié en 2016. Tout d'abord, il se concentre sur le fonctionnement du système climatique et les causes du changement climatique contemporain et ensuite, il passe brièvement en revue la méthodologie utilisée pour estimer le climat dans le futur, à savoir, la modélisation et la régionalisation des projections. En Catalogne, les projections révèlent une augmentation des températures de 1,4°C vers le milieu du XXI^e siècle (par rapport à la fin du XX^e siècle) et une diminution modérée des précipitations (-7%), en plus de l'augmentation du niveau de la mer, des nuits tropicales, du niveau d'enneigement et la diminution de la durée de la période durant laquelle les zones de montagne sont enneigées.

Mots-clés

Changement climatique, Catalogne, projections climatiques, régionalisation, scénarios.

1. INTRODUCTION

Le changement climatique contemporain est une variation du climat de la Terre à un rythme beaucoup plus accéléré que celui des changements qui peuvent être qualifiés de naturels, et qui conduit ce climat vers un état beaucoup plus chaud que ce qu'il devrait être pendant la période interglaciaire dans laquelle nous nous trouvons. Ainsi, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté de 0,8°C depuis 1850 (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, 2013), sachant qu'une grande partie du réchauffement a lieu depuis 1900 et de façon plus significative, depuis 1970. La figure 1 nous montre l'anomalie de la température moyenne globale depuis 1880 et démontre que le réchauffement récent est un fait notable: sur les 10 années les plus chaudes, 9 ont eu lieu durant la dernière décennie, chacune des trois dernières décennies a été plus chaude que la précédente, et on considère que toutes ces années ont été les plus chaudes du dernier millénaire. Cela ne fait aucun doute: le réchauffement climatique qui affecte l'ensemble de la planète, bien que de manière inégale, est causé par l'activité humaine, et plus précisément par l'émission de gaz à effet de serre, en particulier le dioxyde de carbone (CO_2), mais aussi le méthane et l'oxyde nitreux, entre autres. Le changement climatique est considéré comme l'un des défis les plus importants à régler si nous voulons assurer la survie de l'humanité à des niveaux de bien-être et d'équité semblables ou meilleurs par rapport aux niveaux actuels (Steffen et al 2015).

Figure 1. L'anomalie de la température globale, à savoir, la température moyenne globale de chaque année depuis 1880, moins la moyenne de la période 1901-2000. *Source:* NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, publié en Octobre 2017, consulté le 3 Novembre 2017 sur <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

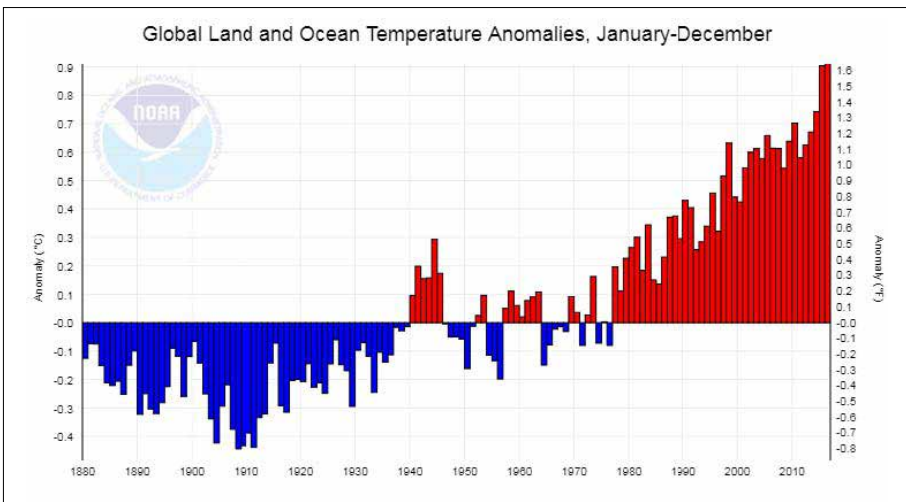
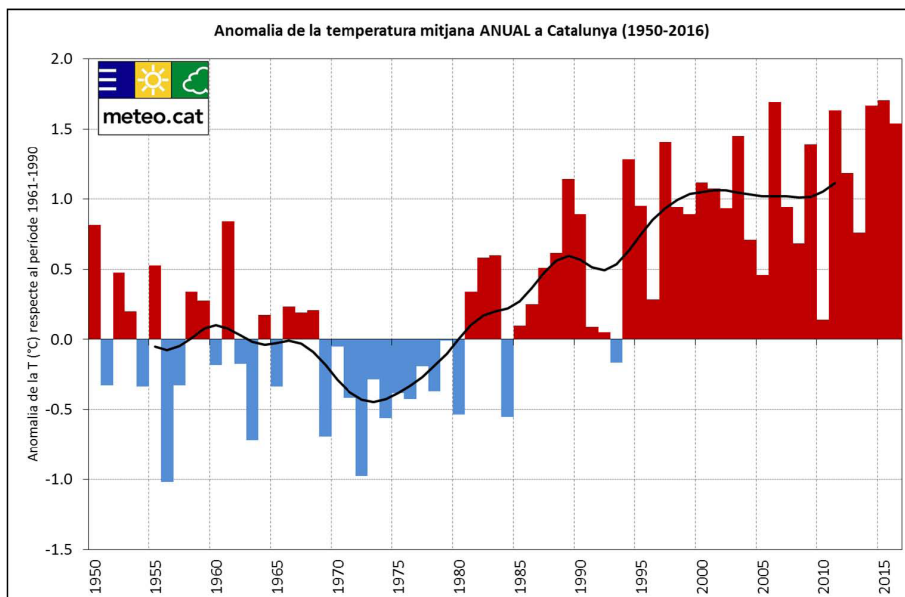


Figure 2. L'anomalie de température pour la Catalogne, qui dans ce cas est la température moyenne en Catalogne de chaque année depuis 1950, moins la moyenne de la période 1961-1990. Source: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics*, (Bulletin Annuel des Indicateurs Climatiques) 2016, Service Météorologique de Catalogne.



Le réchauffement climatique est également perçu et mesuré en Catalogne. Ainsi, la figure 2 nous montre que, depuis 1980, l'anomalie de la température (par rapport à la moyenne de la période 1961-1990) est toujours positive, et que la plupart des années les plus chaudes ont eu lieu au cours des dernières décennies. Le quatrième chapitre du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne* (TICCC) explique que la température moyenne annuelle a augmenté à un rythme de $+0,23^{\circ}\text{C}$ / décennie pour l'ensemble de la Catalogne entre 1950 et 2014, ce qui signifie que le réchauffement est de presque $1,5^{\circ}\text{C}$ au cours de cette période. De plus, de nombreux autres indicateurs vont dans le même sens: l'augmentation du niveau et de la température de la mer sur la Costa Brava; un accroissement statistiquement significatif des jours pouvant thermiquement être qualifiés d'estivaux, des nuits et des jours chauds, tandis que l'on constate une diminution avec suffisamment de signification statistique des journées et des nuits froides, ainsi que des jours de neige; et en même temps, la disparition progressive des glaciers des Pyrénées. À l'inverse, les précipitations sur l'ensemble de la Catalogne ne subissent pas de variations significatives.

De même qu'il est important de constater l'existence des changements climatiques, et d'en connaître les causes, afin de tenter de les atténuer, il est également très important d'essayer de savoir quelles seront les caractéristiques du climat dans le futur, dans

le but de prendre les décisions appropriées afin de nous adapter, le cas échéant, à la nouvelle situation climatique. Ce chapitre présente donc les projections climatiques futures pour la Catalogne, conformément au cinquième chapitre du TICCC (Calbó *et al.*, 2016). Il nous explique tout d'abord le fonctionnement du système climatique et les causes du changement climatique contemporain, ainsi que la méthodologie (la modélisation climatique et la régionalisation des projections) généralement utilisées pour estimer le climat, dans le futur.

2. LE SYSTÈME CLIMATIQUE ET LES CAUSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL

Le climat a subi divers changements depuis que la Terre existe. D'un côté, nous avons les changements dits naturels, dus à des phénomènes astronomiques ou géologiques, et de l'autre, le changement climatique contemporain, attribué à l'activité de l'espèce humaine. Pour qu'un changement ait lieu, certains des facteurs composant le climat doivent changer. Le changement climatique résulte souvent d'une amplification de la cause initiale, à travers un mécanisme de rétroaction. Cette partie détaille très brièvement le fonctionnement de base du système climatique et les causes du changement climatique actuel. Vous trouverez plus de détails dans l'article écrit par Calbó en 2015.

Le facteur fondamental du système climatique est le bilan ou l'équilibre qui existe entre l'énergie reçue par la Terre, sous forme de rayonnement, et celle que la Terre dégage vers l'Univers, également comme un rayonnement. En effet, la Terre reçoit de l'énergie provenant du soleil (le rayonnement solaire, c'est-à-dire, la lumière visible, les ultraviolets et l'infrarouge proche) et elle atteindrait des températures beaucoup plus élevées si elle absorbait toute cette énergie et si elle ne possédait aucun mécanisme de refroidissement. Cependant, la Terre n'absorbe pas toute l'énergie solaire qui l'atteint, mais une fraction de cette énergie est réfléchi de nouveau vers l'espace. Cette énergie réfléchi ne réchauffe pas la Terre et, par conséquent, la valeur de l'albédo (à savoir, le pourcentage du rayonnement solaire réfléchi vers l'espace) est un facteur très important. D'autre part, on sait que tout corps se trouvant à une température supérieure au zéro absolu émet un rayonnement; par conséquent, la Terre émet un rayonnement. Compte tenu de la température à laquelle se trouve la Terre, le rayonnement émis correspond à l'infrarouge thermique, ce qui, dans le contexte climatique, est appelé rayonnement terrestre, à ne pas confondre avec le rayonnement solaire.

S'il n'existait aucun autre phénomène significatif, le bilan radiatif entre le rayonnement solaire net absorbé et le rayonnement émis par la surface de la Terre conduirait à une température qui serait nettement inférieure à celle observée actuellement. Plus précisément, avec la valeur de la constante solaire actuelle, pour un albédo de la surface d'environ 9% (valeur moyenne due principalement à la forte réflectivité des surfaces gelées, puisque les autres surfaces, telles que les océans, sont très absorbantes) et en

considérant que la Terre sans atmosphère se comporte comme un émetteur presque parfait de rayonnement, l'équilibre atteint une température proche de 0°C.

Il est donc évident qu'un autre élément est nécessaire pour expliquer le climat de la Terre: l'atmosphère. Il s'agit de la couche qui entoure la Terre et qui est formée par un mélange de gaz: l'air. En outre, l'atmosphère contient des particules qui, si elles sont composées d'eau ou de glace et sont présentes en quantité suffisante dans un endroit déterminé, constituent les nuages. Ces derniers affectent de manière significative le bilan radiatif, principalement parce qu'ils réfléchissent le rayonnement solaire vers l'espace de manière très efficace. Avec les nuages, l'albédo de la Terre atteint les 30%. Logiquement, si la quantité de rayonnement solaire réfléchi est plus élevée, celle qui est absorbée est plus faible, ce qui fait que la température correspondant à l'équilibre radiatif, avec cet albédo, soit encore plus faible, soit environ 18°C en dessous de zéro.

Heureusement, l'atmosphère occupe un autre rôle dans l'équilibre radiatif: celui de faire que certains gaz composant l'air possèdent la propriété d'absorber le rayonnement de certaines longueurs d'onde. Ces gaz, comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone et d'autres gaz encore plus rares, ne sont pas les plus abondants dans l'atmosphère, au contraire, leur concentration est relativement faible. Ils absorbent le rayonnement terrestre parce qu'ils présentent des bandes d'absorption dans la région de l'infrarouge thermique. Autrement dit, l'atmosphère absorbe le rayonnement terrestre et, de cette manière, empêche une partie de cette énergie de s'échapper vers l'espace, réduisant ainsi le refroidissement. Ce phénomène est connu sous le nom d'*effet de serre*. Maintenant, si l'on calcule la température que devrait avoir la surface de la Terre de sorte qu'avec une émissivité réduite par la présence de gaz à effet de serre le rayonnement solaire absorbé soit compensé, le résultat s'élève à environ 15°C.

Par conséquent, les changements du climat global sur Terre seraient le résultat des changements dans le rayonnement solaire incident (causés par exemple par des changements de luminosité du soleil ou des variations de l'orbite planétaire), des changements dans l'albédo de la Terre (dus à la répartition des océans et des continents, à la quantité de glace et de neige sur ces derniers, à la présence de plus ou moins de nuages ou d'aérosols, ou à des changements dans la couverture du sol) ou des changements dans la composition de l'atmosphère (augmentation ou diminution de gaz à effet de serre). Tous les changements climatiques passés, y compris par exemple les glaciations périodiques du Quaternaire, s'expliquent principalement par une (ou plusieurs, si elles agissent ensemble) de ces causes. Le changement climatique contemporain est considéré comme anthropique, car il ne fait aucun doute que sa cause principale est l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre due aux émissions produites par l'activité humaine. Par exemple, le CO₂ est passé de 280 parties par million (ppm) en 1750, à plus de 400 ppm à l'heure actuelle, en raison des émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel). Cette première cause est amplifiée par diverses rétroactions, telles que celles de la vapeur d'eau et de la glace-albédo (Calbó, 2015).

3. SCÉNARIOS D'ÉMISSIONS ET MODÉLISATION CLIMATIQUE

Les modèles climatiques sont des outils qui intègrent les connaissances actuelles du système climatique, de sorte qu'en utilisant comme données entrantes les facteurs qui affectent (ou «forcent») le système, il est possible de faire une prévision du climat qui nous attend dans une période future. En ce qui concerne ces données entrantes, qui représentent la principale incertitude dans les projections climatiques, on parle de scénarios d'émissions, qui seront abordés plus loin. Les modèles les plus courants, les modèles climatiques globaux, sont des codes informatiques qui permettent de résoudre des équations mathématiques qui décrivent la physique et la chimie des processus qui se déroulent dans l'atmosphère, l'océan, l'hydrosphère, la cryosphère et la surface de la Terre. Ils doivent donc utiliser un maillage pour faire des calculs. La taille des quadrillages de ce maillage est l'une des différences qui existent entre les différents modèles, bien que la plupart d'entre eux travaillent avec des résolutions de l'ordre du degré de latitude et de longitude. Les modèles climatiques doivent être en mesure de reproduire les rétroactions dans le système climatique, processus qui permettent d'amplifier ou de réduire la réponse à un forçage donné. Ce n'est pas toujours évident, et par exemple, les processus de rétroaction impliquant les nuages continuent de représenter la principale source d'incertitude dans les simulations. En raison des différentes résolutions, des divers paramètres ou de la représentation des rétroactions, il reste encore des divergences entre les différents modèles. Par conséquent, différents modèles de forme agrégée sont généralement utilisés lors de la présentation des projections correspondant aux futurs scénarios climatiques.

Malgré la validité des modèles climatiques et leur capacité démontrée à reproduire de manière assez réaliste le climat du passé à l'échelle mondiale (si l'on prend en compte les émissions anthropogéniques des gaz à effet de serre et des aérosols), la communauté scientifique est consciente de la nécessité de les améliorer. Ainsi, les modèles globaux restent encore assez limités pour des projections climatiques à l'échelle régionale. Les modèles climatiques globaux n'incluent pas une assez bonne description de l'orographie, ni une bonne définition de la ligne du littoral, choses qui seraient nécessaires en ce qui concerne l'étude du climat dans de petites zones, comme la Catalogne. De toute évidence, une solution à ce problème serait d'augmenter la résolution des modèles globaux, aspect limité par la puissance de calcul disponible. Cependant, il existe quelques exemples de tentatives pour en augmenter la résolution: par exemple au Barcelona Supercomputing Center - Centre National de Supercomputing (BSC-CNS, Jiménez-Guerrero, 2007), avec le modèle EC-Earth; de même que, dans la phase actuelle de travail pour le prochain rapport du GIEC, certains groupes se concentrent sur la modélisation globale à haute résolution (d'environ 25 km).

Alors que les modèles à l'échelle mondiale ne sont pas en mesure de produire des résultats corrects sur un maillage haute résolution dans un délai raisonnable, il faudra une technique de «régionalisation» ou de réduction d'échelle (*downscaling*), c'est à dire, une méthodologie qui permettrait d'obtenir plus de détails spatiaux des projections climatiques. Il existe plusieurs options (la régionalisation dynamique et la régio-

nalisation statistique, et des techniques hybrides), mais toutes dépendent d'une façon ou d'une autre des résultats des modèles globaux, qui sont en fait ceux qui projettent l'évolution du climat vers l'avenir, alors que les méthodes de régionalisation transforment les résultats d'une grande échelle à une plus petite échelle, avec plus de détails. Au final, une projection climatique particulière d'échelle régionale sera le résultat de la combinaison d'un scénario d'émissions, avec la production des modèles climatiques globaux contraints à ce scénario d'émissions, et l'application des techniques de régionalisation. Il est donc évident que le nombre de projections qui peuvent être obtenues est très élevé, et nous devons être conscients que chaque étape introduit une incertitude dans les projections régionales calculées.

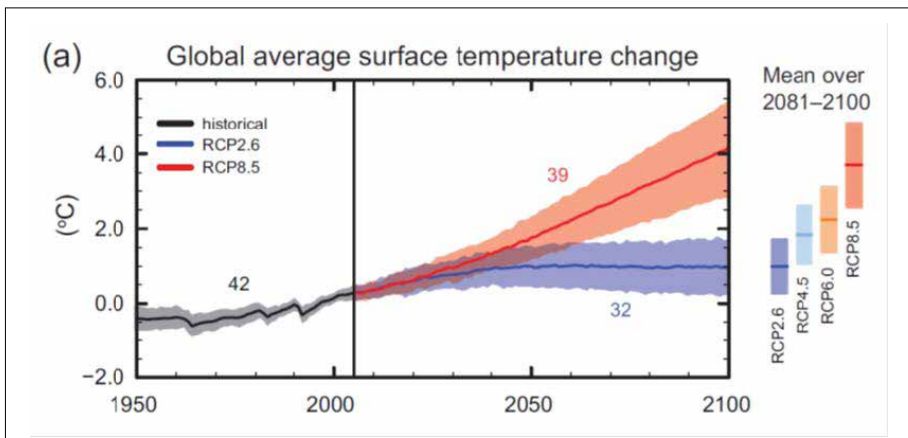
Comme déjà mentionné, pour effectuer des projections du climat futur, il faut d'abord disposer de projections des émissions de gaz et d'aérosols. L'incertitude qui plane sur l'évolution future de ces émissions est grande. Les émissions dépendent, parmi d'autres facteurs, des évolutions de la démographie, de l'économie et de la technologie. Par conséquent, nous essayons d'assumer divers «scénarios» d'émissions, impliquant différents niveaux de forçage radiatif du système climatique. Dans le quatrième rapport du GIEC (AR4), les scénarios qui ont été utilisés proviennent d'un rapport spécial publié en 2000 (Nakicenovic et Swart, 2000). Ces scénarios étaient regroupés en quatre familles correspondant à quatre lignes évolutives appelées A1, A2, B1 et B2. Dans le cinquième rapport du GIEC (AR5), d'autres scénarios, appelés «évolutions représentatives des concentrations» (de l'anglais *Representative Concentration Pathway*, RCP) ont été utilisés et sont les RCP 2,6, 4,5, 6,0 et 8,5. Les fondements de chacune de ces approches sont légèrement différents, mais en ce qui concerne ce travail, il faut remarquer que, dans tous les cas, il existe des scénarios «forts» en émissions (ou en forçage radiatif), des scénarios «intermédiaires» et des scénarios «faibles». Ces derniers correspondraient à ce qui devrait se passer si d'importantes politiques d'atténuation étaient mises en œuvre immédiatement.

4. PROJECTIONS CLIMATIQUES POUR LA CATALOGNE

Ce chapitre propose un bref résumé du cinquième chapitre du TICCC (Calbó *et al.*, 2016) car il s'agit d'une publication assez récente et complète en ce qui concerne les projections du changement climatique en Catalogne. Cependant, il faut dire que diverses institutions, en particulier le groupe des Sciences de la Terre du BSC-CNS et le Service Météorologique de Catalogne, continuent de travailler sans relâche afin d'améliorer et d'affiner ces projections. Dans cette publication, diverses estimations de variation des températures et des précipitations sont proposées, dans un horizon temporel qui va jusqu'au milieu du XXI^e siècle. Les résultats proviennent de l'analyse, pour la zone géographique de la Catalogne, des résultats de modèles climatiques globaux inclus dans l'AR5 du GIEC, et plus spécialement des résultats de plusieurs projets de régionalisation qui ont récemment été menés à l'échelle internationale, nationale et catalane. Les résultats des prédictions décennales réalisées avec divers modèles glo-

baux ont également été pris en compte, en ce qui concerne le futur plus immédiat. La plupart des scénarios d'émissions «modérés» (A1B et RCP4.5) a été envisagée, et par conséquent, les valeurs du changement futur pourraient être légèrement supérieures à celles résumées ici, si l'on considère le scénario qui a suivi comme l'un des plus « élevés » en termes d'émissions (RCP6.0 ou RCP8.5). Même ainsi, l'effet additionnel d'un scénario d'émissions plus intensif ne serait discernable qu'à partir de la seconde moitié du siècle. Par exemple, la figure 3 montre qu'à l'échelle mondiale, la différenciation entre le scénario RCP2.6 et le scénario RCP8.5 ne se manifeste distinctement qu'à partir de la fin du siècle. Les scénarios intermédiaires RCP4.5 ou RCP6.0 ne sont pas présentés en détail sur cette figure, mais il serait possible de les distinguer très légèrement sur la période jusqu'en 2050.

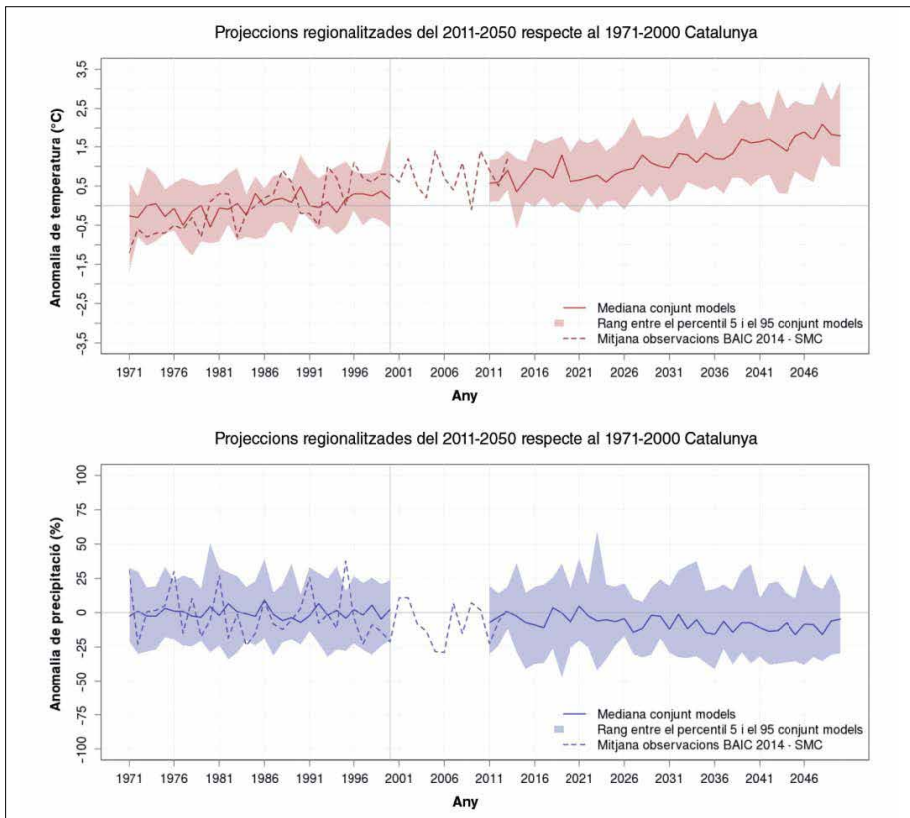
Figure 3. Projection de la température moyenne de la Terre au cours du XXI^e siècle, pour différents scénarios, et réalisée avec l'ensemble des modèles qui ont participé au AR5 du GIEC. *Source: GIEC, 2013: Summary for Policymakers.*



Tous les projets analysés par Calbó *et al.* (2016) indiquent une augmentation significative de la température en Catalogne au cours des prochaines décennies (figure 4). Cette augmentation, qui sera continue, se retrouve dans tous les horizons temporels, en toutes saisons et dans toutes les zones géographiques ou climatiques de la Catalogne. Grâce aux différents modèles, scénarios et techniques, on obtient un rang de valeurs pour l'augmentation de la température. Considérant la moyenne des différentes valeurs fournies comme représentative de la valeur la plus probable, il s'avère que l'augmentation de la température pourrait être de 0,8°C par rapport à la moyenne de 1971 à 2000 (rappelons que celle-ci était déjà supérieure à celle des années précédant le XX^e siècle). Au milieu du XXI^e siècle (2031-2050), la température pourrait augmenter d'environ 1,4°C en moyenne par an dans toute la Catalogne. Pendant l'été et dans les Pyrénées, ces hausses pourraient être légèrement plus élevées, allant jusqu'à 2°C.

Dans le cas des précipitations, l'effet du changement climatique en Catalogne semble indiquer un léger déclin, mais cette tendance est incertaine (figure 4). Concrètement, les techniques de régionalisation présentent un changement, très peu significatif, de seulement -2% pour la décennie actuelle (2012-2021) par rapport à la période de référence (1971-2000), alors que certaines projections de modèles globaux indiquent même jusqu'à une légère augmentation (également insignifiante) pour cette même période. La baisse des précipitations devient plus évidente au milieu du siècle dans les projections régionalisées, étant donné que pour cette période les valeurs représentatives sont d'environ -10% au printemps, en été et en automne. Avec des diminutions plus faibles en hiver, il se trouve que le déclin des précipitations annuelles pour l'ensemble de la Catalogne pourrait être d'environ -7%. Il faut dire que dans le cas des précipitations, utiliser la régionalisation dynamique (modèles régionaux) est très important, car elle intègre les effets de l'orographie qui restent très flous dans les modèles globaux.

Figure 4. Évolution des températures et des précipitations en Catalogne, selon différents modèles et techniques de régionalisation, de 1971 à 2050. *Source: TICCC, Chapitre 5.*



D'autre part, les projections sur les phénomènes extrêmes sont rares et assez incertaines, et il faudrait encore plus de recherches dans ce domaine. Dans tous les cas, un projet tel que l'actuel ESCAT (Génération de scénarios climatiques de haute résolution en Catalogne au cours du XXI^e siècle), développé au sein du SMC (Service Météorologique de Catalogne), indique que les températures maximales et minimales, et les précipitations souffriraient des modifications importantes: une augmentation significative de l'occurrence des mois chauds, une diminution des nuits de gel, en particulier dans les Pyrénées, une augmentation des nuits tropicales sur la façade littorale, une augmentation de l'occurrence d'épisodes de précipitations journalières très abondantes (>200 mm en 24h) et de la durée des périodes de sèches, avec une plus grande occurrence et gravité des sécheresses. L'évolution de ces phénomènes extrêmes est présentée et argumentée de manière beaucoup plus approfondie dans le chapitre 6 de TICCC (Llasat *et al*, 2016).

5. CONCLUSION

Le changement climatique, comme on vient de le voir, est un phénomène mondial. Il affecte donc tous les continents et régions, y compris la Catalogne. La préoccupation au sujet du changement climatique en Catalogne n'est pas récente, en effet de nombreux groupes de recherche universitaire et de centres de recherche s'y intéressent depuis plus de 20 ans. Cette préoccupation, initialement limitée au monde scientifique, s'est traduite par la création du fameux Groupe d'Experts en Changement Climatique en Catalogne (GECCC), qui a été l'instigateur du Premier rapport sur le changement climatique en Catalogne (Llebot, 2005). Par la suite, avec une collaboration beaucoup plus étroite avec le Conseil consultatif pour le développement durable (CADS) et le Bureau catalan du changement climatique (OCCC), les deuxième et troisième rapports sur le changement climatique ont été rédigés, avec pour objectif de transmettre ces informations aux décideurs politiques, sociaux et économiques.

Les projections climatiques pour la Catalogne reflètent des changements importants sur plusieurs variables, et peuvent avoir un impact sur le secteur du tourisme. Ainsi, l'augmentation de la température en été peut entraîner une baisse du confort thermique, tandis que d'autre part, cela peut augmenter le confort au printemps et à l'automne. L'augmentation du niveau de la mer résultant de la dilatation thermique (et de la fonte des glaces continentales) peut diminuer la surface utile de plage pour ses utilisateurs, et peut augmenter l'impact négatif des tempêtes de mer sur les infrastructures de la façade littorale. L'augmentation des températures hivernales peut représenter une élévation de l'altitude d'enneigement, et une réduction de la durée de la saison d'enneigement, ce qui peut affecter le tourisme de neige. Toutes ces questions doivent être examinées avec soin par le secteur touristique.

BIBLIOGRAPHIE

- Calbó, J. (2015). «Per què canvia, el clima?». *Mètode*, 87, 20–26.
- Calbó, J.; Gonçalves-Ageitos, M.; Barrera, A.; Garcia-Serrano, J.; Doblas-Reyes, F.; Guemas, V.; Cunillera, J.; Altava, V (2016). «Proyecciones climáticas i escenaris de futur». A Martin-Vide et al. (coord). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne). Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC) et Gouvernement de Catalogne, 113-133.
- GIEC (2013). «Summary for Policymakers». A Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom et New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Jiménez-Guerrero P. (2007). «Application of climate models within supercomputing frameworks». *Magazine Teraflopp*, 94.
- Llasat Botija, M.C.; J. Corominas; C. García Sellés; P. Quintana Seguí; M. Turco (2016). «Riscos d'origen climàtic». A Martin-Vide et al. (coord). *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*. Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC) et Gouvernement de Catalogne, 93-112
- Llebot, J.E. (2005). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC) et Conseil consultatif pour le développement durable, 815 pp.
- Martín-Vide, J.; M. Prohom Duran; M. Bustó; J. Pascual Massaguer; J. Camins (2016). «Evolució recent de la temperatura, la precipitació i altres variables climàtiques a Catalunya». A Martin-Vide et al. (coord). *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC) et Gouvernement de Catalogne, 93-112.
- Nakicenovic, N. i R. Swart, Eds. (2000). *IPCC Special report on emission scenarios*. Cambridge, United Kingdom et New York, NY, USA: Cambridge University Press, 570 pp.
- Steffen, W.; K. Richardson; J. Rockström; S.E. Cornell; I. Fetzer; E.M. Bennett; R. Biggs; S.R. Carpenter; W. de Vries; C.A. de Wit; C. Folke; D. Gerten; J. Heinke; G.M. Mace; L.M. Persson; V. Ramanathan; B. Reyers; S. Sörlin (2015). «Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet». *Science* 347 (6223), doi: 10.1126/science.1259855.

LE PROJET ECTAdapt: CONTRIBUER À L'ADAPTATION DE L'ESPACE CATALAN TRANSFRONTALIER AUX EFFETS ATTENDUS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ANNA PIBERNAT REIXACH

Tècnica del CILMA pel projecte ECTAdapt
CILMA (Consell d'Iniciatives Locals per al
Medi Ambient de les comarques de Girona)
apibernat@cilma.cat

Résumé (abstract)

Les *impacts climatiques* (canicules, vagues de froid, précipitations extrêmes, inondations, montée du niveau de la mer, sécheresses et rareté de l'eau, tempêtes, glissements de terrain, incendies forestiers, modifications du phénomène de nivation, etc.) et *leurs conséquences* ne se limitent pas à un territoire administratif mais dépassent les frontières. L'environnement méditerranéen est par ailleurs reconnu comme l'un des plus sensibles au changement climatique.

Celui-ci a des conséquences sur la température, la quantité et la qualité de l'eau, l'agriculture et la sylviculture, la perte de biodiversité, le *tourisme et l'économie* (sécheresses, manque de neige, hausse de la fréquence d'épisodes caniculaires, entre autres), la santé publique et la santé environnementale (coups de chaleur, allergies, épidémies, moustiques, pandémies ou autres), la hausse et l'intensité des risques naturels (incendies, inondations, intrusion saline, glissements de terrain, conséquences des tempêtes maritimes sur les côtes, etc.), entre autres.

Pour toutes ces raisons, il est important d'élargir le débat et de travailler à l'échelle du territoire catalan transfrontalier (avec une situation similaire de part et d'autre de la frontière) afin de réduire cette vulnérabilité et tenter d'apporter des réponses communes en faveur de l'*adaptation au changement climatique*.

Dans ce contexte, le *Département des Pyrénées-Orientales* (CD66), la *Diputació de Girona* (DDGI) et le *Conseil d'initiatives locales pour l'environnement des cantons de Gérone* (CILMA) se sont associés le 17 novembre 2014 afin de mettre en place des synergies en matière d'adaptation au changement climatique, en recherchant des réponses innovantes et adaptées au contexte local.

Le 26 mai 2016, une subvention a été accordée pour réaliser le projet intitulé: « *ECTAdapt: Contribuer à l'adaptation de l'Espace catalan transfrontalier aux effets attendus du changement climatique (code EFA011/15 ECTAdapt)* » dans le cadre du premier appel à projets du programme INTERREG V A de coopération transfrontalière Espagne-France-Andorre POCTEFA 2014-2020.

Le projet ECTAdapt vise donc à développer une politique commune en matière d'adaptation au changement climatique dans tout l'*Espace catalan transfrontalier* (ECT) en analysant la vulnérabilité du territoire, en sensibilisant la population et tous les agents publics et privés impliqués, en élaborant et en mettant en œuvre des *plans locaux d'adaptation au changement climatique* (PAEDC).

La méthodologie transfrontalière pour l'élaboration de PAEDC, qui sera créée dans le cadre du projet ECTAdapt, traitera l'analyse de la vulnérabilité au changement climatique, la planification et la mise en œuvre d'actions d'adaptation; l'enjeu du tourisme y sera notamment abordé (pression sur les ressources et sur le territoire versus l'importance économique).

1. LE PROJET ECTADAPT

1.1. Objectifs du projet

Le projet ECTAdapt est un projet de gouvernance structuré en trois lignes stratégiques¹:

- Ligne 1: réaliser un inventaire et une mise en commun des *données sur la vulnérabilité aux impacts* du changement climatique dans l'Espace catalan transfrontalier, dans le but de le rendre public et de sensibiliser. Responsabilité de la *Diputació de Girona* (DDGI)
- Ligne 2: *sensibiliser, faire prendre conscience, former et impliquer* les acteurs de l'ECT s'agissant de l'adaptation au changement climatique afin d'encourager la mise en œuvre d'actions. Responsabilité du *Département des Pyrénées-Orientales* (CD66)
- Ligne 3: élaborer une méthodologie pour accompagner les administrations de l'ECT dans la rédaction des *plans locaux d'adaptation au changement climatique* (PAEDC). Responsabilité du *Consell d'Iniciatives Locals per al Medi Ambient de les comarques de Girona* (CILMA)

S'agissant de la coopération transfrontalière, le projet ECTAdapt vise à:

- *partager des expériences et des bonnes pratiques*, de part et d'autre de la frontière, en matière d'adaptation au changement climatique dans la mesure où cette question est actuellement rarement abordée par les parties prenantes et les administrations locales;
 - tirer profit des retours d'expériences existants en matière de rédaction de plans d'action locaux en faveur de l'énergie durable (PAED) des cantons de Gérone dans la mesure où plus de 200 PAED municipaux ont été rédigés et mis en œuvre, où les actions correspondantes sont en cours d'exécution grâce au financement de la DDGI et de l'UE (projet Beenergi², Enerinvest³, etc.),
 - partager l'expérience de la Diputació de Girona en tant que coordonnateur territorial de la convention des maires et du CILMA en tant que convention d'aide à la Catalogne du nord,

1 Plus d'informations sur le projet ECTAdapt à cette adresse:

<http://www.cilma.cat/?p=184653>

http://www.cilma.cat/wp-content/uploads/2016/07/Fitxa_s%C3%ADntesis_projecte_-ECTAdapt_CAT2.pdf

<https://www.poctefa.eu/noticia/seminario-de-lanzamiento-del-proyecto-ectadapt/>

<http://www.ectadapt.eu/> (en construction)

2 Plus d'informations sur le projet Beenergi à cette adresse: <http://beenergi.ddgi.cat/>

3 Plus d'informations sur le projet Enerinvest à cette adresse: <https://www.enerinvest.es/>

Figure 1. Séminaire de lancement du projet ECTAdapt à Perpignan (24-11-2016) avec plus de 100 participants des deux côtés de la frontière et 60 entités publiques et privées. En plus des 3 partenaires qui ont présenté le projet ECTAdapt, 10 autres personnes sont intervenues. *Source: élaboration propre 2016.*



• *mettre en place des actions communes, innovantes et expérimentales* qui encourageront une prise de conscience des différents secteurs et les impliquer pour passer à l'action (population en général, secteurs socio-économiques, administrations locales, etc.):

- périmètre d'étude et d'action plus cohérent face aux impacts climatiques en considérant la continuité d'espaces naturels, le partage des ressources, la répartition d'espèces, les conditions climatiques et socio-économiques similaires, l'économie du territoire basée sur l'agriculture et le tourisme, etc.,
- mettre en commun les données et informations disponibles afin d'améliorer la connaissance sur la vulnérabilité du territoire au changement climatique,
- partage et mise en commun des ressources,
- mettre en place des actions transfrontalières face aux défis communs de part et d'autre de la frontière.

Figure 1: Séminaire de lancement du projet ECTAdapt à Perpignan (24-11-2016) avec plus de 100 participants des deux côtés de la frontière et 60 entités publiques et privées. En plus des 3 partenaires qui ont présenté le projet ECTAdapt, 10 autres personnes sont intervenues. *Source: élaboration propre 2016.*

1.2. Cadre territorial et problématiques communes

L'ECT est le territoire formé par la province de Gérone et le Département des Pyrénées-Orientales, il représente une zone d'influence de presque un million trois cent mille habitants et 448 communes avec des conditions climatiques et socio-économiques similaires.

Ce territoire peut être régionalisé selon la zone climatique de chaque commune (des Pyrénées/montagne, de l'intérieur ou du littoral), chacune avec des impacts climatiques et des actions d'adaptation différents.

1.3. Calendrier du projet ectadapt

La durée du projet ECTAdapt est de 36 mois, du 1er mai 2016 au 30 avril 2019.

1.4. Gestion et gouvernance du projet ectadapt

La *Communauté de travail des Pyrénées* est l'autorité de gestion du programme Inter-région V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA).

Le *Département des Pyrénées-Orientales* est le chef de file du projet ECTAdapt. Il a pour fonction spécifique d'assurer la coordination administrative et financière du projet.

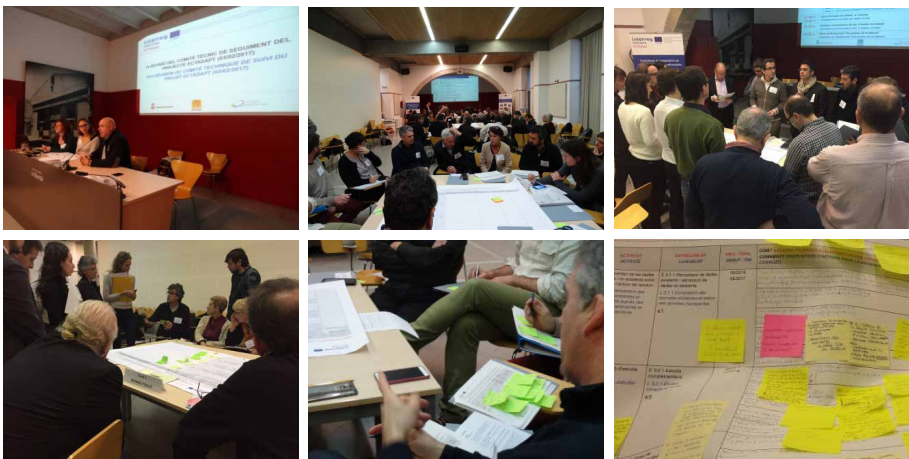
Le projet ECTAdapt a créé un *Comité technique de suivi* composé d'experts en matière de changement climatique de part et d'autre de la frontière, extérieurs au projet, chargés de garantir la qualité des travaux réalisés, d'apporter un conseil technique spécifique en matière d'adaptation, une expérience et un avis d'expert aux techniciens et politiques impliqués dans l'exécution du projet ECTAdapt.

1.5. Budget et financement du projet ectadapt

Le coût prévu pour les trois années du projet, réparti entre les partenaires ECTAdapt s'élève à 1 031 678,00 euros.

Le projet est cofinancé à hauteur de 65 % par le *Fonds Européen de Développement Régional* (FEDER) dans le cadre du Programme POCTEFA 2014-2020. L'objectif du

Figure 2. Première réunion du Comité technique de suivi du projet ECTAdapt à Gérone (3 février 2017) en présence de 51 membres de part et d'autre de la frontière, au cours de laquelle le groupe d'experts en changement climatique de Catalogne a présenté les résultats du Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne (TICC).
Source: élaboration propre 2017.



POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de l'espace frontalier Espagne-France-Andorre. Son aide est concentrée sur le développement d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies conjointes qui favorisent le développement durable du territoire.

2. LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1. Causes et preuves observées du réchauffement global et du changement climatique

Le réchauffement global et le changement climatique sont évidents et, depuis les années 1950, nombreux sont les changements observés qui n'ont pas de précédents. La température de l'air et de l'eau a augmenté de 1,7 °C depuis 1880. Les quantités de neige et de glace ont baissé de 13,2 % par décennie et le niveau de la mer est monté d'environ 3,4 mm par an d'après les données observées par la NASA (*National Aeronautics and Space Administration, 2017*).

Le climat de la Terre n'a cessé de changer au cours de son histoire et la dernière période glaciaire date d'environ 20.000 ans. Pourtant, dans le contexte actuel, la différence réside dans le fait qu'au cours des dernières décennies la planète connaît un *réchauffement global accéléré principalement causé par l'activité humaine*.

Pour la première fois la *société* est la cause principale de ce changement climatique et son comportement pourrait en altérer l'intensité et la vitesse.

À l'échelle mondiale, les 30 dernières années ont été marquées par une hausse de la population d'environ 68 %, d'une hausse de la consommation d'énergie de 30 % et d'une hausse des émissions de gaz à effet de serre de 70 %.

Ces phénomènes socio-économiques expliquent pour quelle raison la concentration de CO₂ équivalent dans l'atmosphère est aujourd'hui 40 % plus élevée qu'au début de la révolution industrielle (année 1750). En octobre 2017, la concentration de CO₂ est de 406,94 ppm (parties par million) selon la NASA (*National Aeronautics and Space Administration, 2017*).

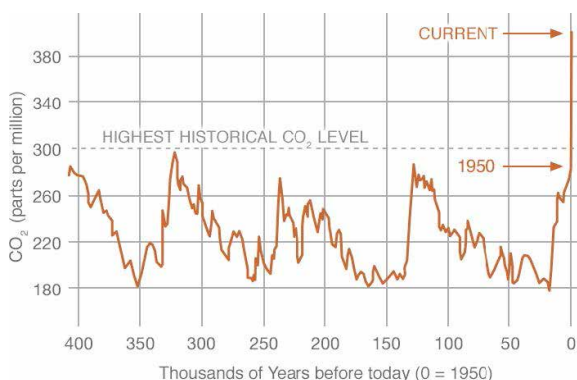


Figure 3. Évolution de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère au cours des dernières 400 millions d'années. Source: NASA, NOAA, 2017. Reconstruction à partir des mesures des calottes polaires.

S'il a été démontré que la société est la cause principale du changement climatique et du réchauffement global, l'ampleur de ses conséquences (ou impacts climatiques) repose sur des projections et elle pourrait être localement plus intense que celles attendues à l'échelle mondiale.

2.2. Le changement climatique en Catalogne et dans l'espace catalan transfrontalier

La Catalogne possède un document technique de référence qui identifie et quantifie les impacts du changement climatique en utilisant les mêmes projections et scénarios que ceux établis par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – Nations unies) avec la collaboration de différents experts. Il s'agit du *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (TICCC)*⁴ 2016 élaboré par le groupe d'experts en changement climatique de Catalogne (Grup d'experts en canvi climàtic de Catalunya, GECCC), promu par le Comité de conseil pour le développement durable (Consell assessor per al desenvolupament sostenible, CADAS), le Bureau catalan du changement climatique (Oficina Catalana del Canvi Climàtic, OCCC), le service météorologique de Catalogne (Servei Meteorològic de Catalunya, SMC) et l'Institut d'études catalanes (Institut d'Estudis Catalans, IEC).

Quelques-unes des données climatiques observées et étayées du TICCCS sont les suivantes.

- *Température et canicules*: neuf des deux années les plus chaudes de l'histoire ont été enregistrées depuis 2000. En Catalogne, la température moyenne annuelle a augmenté de 1,5 °C au cours des 65 dernières années.

- *Sécheresses et pluies torrentielles*: sur la période 1959-2010, on a observé une baisse des précipitations en Catalogne de l'ordre de -8 % et de -13 % dans les Pyrénées. Même si les données sur les précipitations ne sont statistiquement pas importantes car le climat méditerranéen présente une grande variabilité pluviométrique, la tendance est évidente.

- *Niveau de la mer*: le niveau de la mer (données mesurées par Josep Pascual à l'Estartit depuis 1990) augmente à un rythme de 3,9 cm/décennie et la température de l'eau de la mer augmente de manière statistiquement significative à un rythme de 0,3 °C/décennie au niveau des 50 premiers mètres sous la mer.

- *Modifications du phénomène de nivation et perte de la superficie enneigée*: Une baisse de 5 cm de neige cumulée a été observée au cours de chaque décennie et la fonte est chaque année de plus en plus précoce. Il n'y a plus aucun appareil glaciaire visible en Catalogne.

4 Plus d'informations sur le « Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya » (TICCC) à cette adresse: http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/tercer-informe-sobre-canvi-climatic-catalunya/TERCER_INFORME_CANVI_CLIMATIC_web.pdf

Aussi bien ces évolutions climatiques en Catalogne que les projections du TICCC pour l'année 2050 ont des conséquences directes sur le secteur touristique et sur le territoire en général.

- *Température et canicules*: Pour 2050, on attend une hausse de la température moyenne de 1,4 °C, notamment pendant l'été et dans les Pyrénées. On attend une hausse des nuits tropicales (20 à 30) avec des températures supérieures à 20 °C et une baisse du nombre de nuits avec des gelées (30 à 40) avec des températures inférieures à 0 °C. *Les principaux risques associés à ces impacts climatiques sont les suivants*: canicules et sécheresses, incendies forestiers, épidémies, dérèglements de la floraison et de la pollinisation, hausse de la mortalité liée à la maladie et transmission de maladies inexistantes en Catalogne (dengue, chikungunya, malaria).

- *Sécheresses et pluies torrentielles*: Les projections climatiques du TICCC prévoient des périodes de sécheresse plus longues, notamment en été, ainsi que des pluies torrentielles (répartition anormale et concentrée de la pluviométrie). On attend une baisse d'environ 10 % des précipitations moyennes, assortie d'une augmentation importante de la rareté de l'eau (9,4 % dans les Pyrénées, 18,2 % à l'intérieur et 22 % sur le littoral) et d'une hausse de l'évapotranspiration. *Les principaux risques associés à ces impacts climatiques sont les suivants*: augmentation du risque d'inondation et d'incendies, sécheresses importantes, érosion et glissements de terrains, inondations, etc.

- *Niveau de la mer*: pour 2050, les projections indiquent une hausse du niveau de la mer comprise entre 1 et 3 mètres, ainsi qu'une augmentation de la température et de l'acidification des eaux. *Les principaux risques associés à ces impacts climatiques sont les suivants*: perte des habitats du littoral, des zones humides, des deltas, des plages touristiques, érosion des plages et fléaux (méduses, etc.), inondations des zones côtières et de l'Est (où se concentre la grande partie de la population), perte d'infrastructures (ports, routes, trains, zones urbaines, etc.), perte de la biodiversité et des ressources (pêche, agriculture et tourisme).

- *Modifications du phénomène de nivation et perte de la superficie enneigée*: les projections prévoient une réduction des épisodes neigeux pour 2050, même si les données ne sont pas importantes du point de vue des statistiques. *Les principaux risques associés à ces impacts climatiques sont les suivants*: scénario de rareté de l'eau et de manque de neige, perte d'habitats et d'espèces, vulnérabilité du tourisme des stations de ski, etc.

3. E CADRE EUROPÉEN: ATTÉNUATION ET ADAPTATION LOCALE

3.1. Différence entre atténuation et adaptation

Face au réchauffement global et au changement climatique, les administrations, les secteurs économiques et la population en général devraient mettre en place des actions d'*atténuation* (réduction des émissions de gaz à effet de serre) et d'*adaptation* au changement climatique (prévenir, lutter et se préparer aux impacts climatiques).

L'atténuation implique de réduire les émissions de gaz à effet de serre (CO₂) *en agissant sur la cause du changement climatique*, et d'améliorer les puits de carbone. En ce sens, l'UE a encouragé les PAED (plans d'action locale en faveur de l'énergie durable) dont l'objectif est de réduire les émissions, d'augmenter la performance énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables sur la base d'accords volontaires adoptés par les administrations locales (Convention des maires en faveur d'une énergie durable 20/20).

L'adaptation implique de prévenir, lutter et se préparer aux impacts climatiques (sécheresses, canicules, pluies torrentielles, montée du niveau de la mer, manque de neige, etc.) et à leurs conséquences (incendies de forêts, inondations, rareté de l'eau, intrusion saline, allergies, épidémies, etc.) *en agissant sur le territoire pour le rendre plus résilient et moins vulnérable*. En ce sens l'UE encourage les PAEDC (plans d'action locale en faveur de l'énergie durable et du climat) dont l'objectif est de réduire les émissions, d'augmenter la performance énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables et également de programmer des actions d'adaptation au changement climatique à partir de l'analyse de la vulnérabilité territoriale des administrations locales qui adhèrent à l'accord sur une base volontaire (nouvelle Convention des maires en faveur du climat et de l'énergie 40/30).

À titre d'information, la *loi 16/2017 du 1er août 2017 relative au changement climatique du Parlement de Catalogne (Llei del canvi climàtic del Parlament de Catalunya)* définit les termes suivants:

- atténuation: intervention anthropogénique destinée à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à renforcer les puits;
- adaptation: capacité d'ajuster les systèmes naturels ou humains au changement climatique et à ses effets afin d'en réduire les dommages ou de profiter des opportunités.

Dans ce cadre légal, européen et catalan, les administrations locales doivent commencer à intégrer l'adaptation dans toutes leurs politiques dans la mesure où le changement climatique est une question transversale qui affecte tous les domaines d'intervention d'une collectivité (urbanisme, mobilité, assainissement, approvisionnement, environnement, santé, services sociaux, culture, promotion économique et tourisme, etc.), et ce, sans interrompre les actions d'atténuation.

3.2. Ancienne convention des maires en faveur d'une énergie durable (20/20) – PAED

Le bureau de la Convention des maires en faveur du climat et de l'énergie ⁵ (CoMO) de l'Union européenne est responsable de fédérer, de coordonner et fournir un soutien technique aux administrations et autorités locales qui y ont adhéré et qui se sont engagées à appliquer les objectifs climatiques et énergétiques de l'UE sur une base volontaire.

5 Plus d'informations sur la CoMO (Convention des maires) à cette adresse:
http://www.covenantofmayors.eu/index_en.html

Avant le 1er novembre 2015, les administrations locales qui le souhaitaient pouvaient adhérer à l'ancienne convention des maires (*Convention des maires en faveur d'une énergie durable*) en signant un manifeste dans lequel ils s'engageaient à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20 %, à améliorer la performance énergétique de 20 % et d'augmenter l'utilisation d'énergies renouvelables de 20 % d'ici 2020 au moyen de la rédaction et de l'exécution de PAED locales (atténuation).

3.3. Nouvelle convention des maires en faveur du climat et de l'énergie (40/30) – PAEDC et ECTAdapt

le bureau de la Convention des maires en faveur du climat et de l'énergie de l'UE a lancé une nouvelle convention (Convention des maires en faveur du climat et de l'énergie) dans laquelle, outre un durcissement des objectifs d'atténuation des émissions (réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 40 % d'ici à 2030), il est prévu une analyse de la vulnérabilité du territoire au changement climatique et la planification d'actions d'adaptation grâce à la rédaction et à l'exécution de PAEDC locales (atténuation + adaptation).

Les villes qui n'ont pas adhéré à la convention avant le 1er novembre 2015 et qui souhaitent le faire devront signer la nouvelle convention (40/30) avec les nouveaux engagements en matière d'atténuation et d'adaptation et rédiger un PAEDC.

Dans ce contexte et dans le cadre du projet ECTAdapt, la 3e ligne stratégique prévoit l'accompagnement et le soutien technique des collectivités de l'ECT pour la rédaction des PAEDC grâce à l'élaboration d'une méthodologie transfrontalière de PAEDC, l'exécution de 4 plans pilotes dans différentes collectivités et la promotion de la nouvelle convention des maires dans les administrations locales qui ne l'ont pas signée.

À ce jour, dans sa ligne d'aides intitulée « Du plan à l'action », la Diputació de Girona a accordé des subventions aux administrations locales pour l'exécution des actions contenues dans les PAED et dans mes PALS (Agenda 21) et il est possible que ces subventions soient étendues aux nouveaux PAEDC.

3.4. Impacts climatiques et secteurs selon l'ue

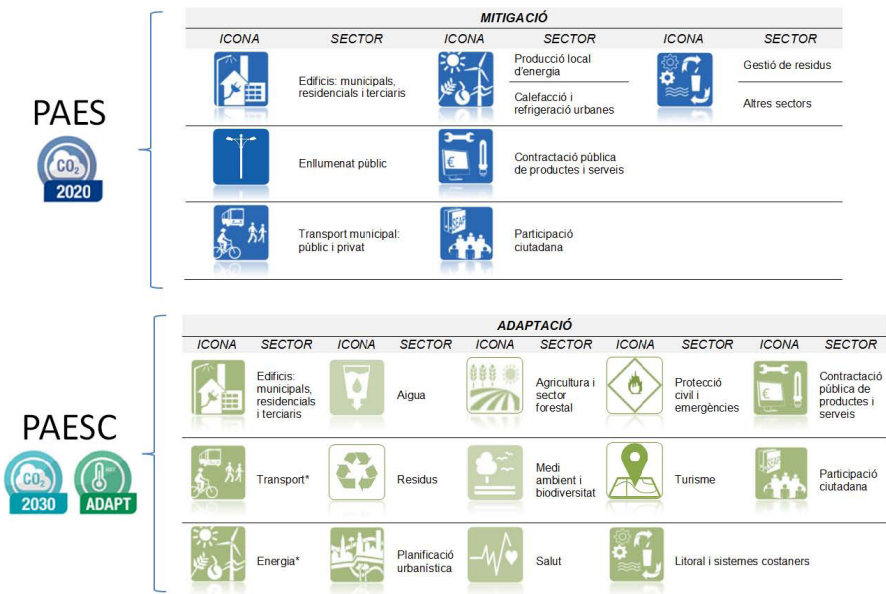
La méthodologie cadre de l'UE⁶ (CoMO) pour la rédaction des PAEDC municipaux définit le *cadre conceptuel* suivant:

- Les impacts climatiques à partir desquels il convient d'analyser la vulnérabilité du territoire sont les suivants:
 - canicules (très forte chaleur)
 - vagues de froid (froid extrême)

6 «Lignes directrices pour la remise des rapports de suivi de la Convention des Maires pour le climat et l'énergie» (COMO): http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/Reporting_Guidelines_Final_ES.pdf

- précipitation extrême
 - inondations
 - montée du niveau de la mer
 - sécheresse et rareté de l'eau
 - tempêtes
 - glissements de terrain
 - incendies forestiers
 - [autres: modifications du phénomène de nivation]
- Les secteurs et thématiques vulnérables aux impacts climatiques susvisés au sujet desquels il convient de planifier des actions d'adaptation (en plus de celles d'atténuation) sont les suivants:
- bâtiments
 - transport
 - énergie
 - eau
 - déchets
 - aménagement urbain
 - agriculture et secteur forestier
 - environnement et biodiversité

Figure 4. Thématiques et secteurs vulnérables aux impacts climatiques au sujet desquels il convient de planifier des actions d'atténuation (PAED) et d'adaptation (PAEDC).
Source: élaboration propre 2017.



- santé
- protection civile et services de secours
- *tourisme*
- [autres: littoral et systèmes côtiers]
- [autres: Activités économiques et industrie]

Lors de la définition des actions d'adaptation dans les PAEDC, il convient de tenir compte des compétences municipales.

En Catalogne, *les compétences municipales sont définies dans la loi 7/1985 du 2 avril 1985 régissant les bases du régime local (Llei 7/1985 reguladora de les bases de règim local) et dans le décret-loi 2/2003 du 28 avril 2003 approuvant le texte consolidé de la loi municipale et du régime local de Catalogne (Decret Legislatiu 2/2003 pel qual s'aprova el Text refós de la Llei municipal i de règim local de Catalunya)* et sont les suivantes: approvisionnement en eau, réseau de tout-à-l'égout, accès au noyau de population, pavement et conservation de la voirie, éclairage public, déchets, nettoyage, parcs publics, prévention et extinction des incendies, protection civile, transport en commun, etc. La législation sectorielle accorde également des compétences aux collectivités locales en matière d'aménagement du territoire, de protection des espaces naturels et d'infrastructures. Dans certains cas, la loi détermine que n'importe quelle action d'intérêt public relève de la compétence municipale.

Figure 5. Répartition des compétences municipales en Catalogne en fonction du nombre d'habitants. En jaune les compétences municipales liées à l'atténuation et, en bleu, celles liées à l'adaptation. *Source:* Guia per redactar els Plans d'Acció per l'Energia Sostenible i el Clima a la província de Barcelona. Diputació de Barcelona, 2016.

Toutes les communes	Plus de 5 000 hab	Plus de 20 000 hab	Plus de 50 000 hab
Éclairage public Collecte des déchets Nettoyage de la voirie Approvisionnement en eau Réseau de tout-à-l'égout Accès au noyau de population Pavement et conservation de la voirie	Parcs publics Traitement des déchets	Prévention et extinction des incendies Protection civile	Transport en commun Protection de l'environnement

4. TOURISME ET COMMUNES TOURISTIQUES DES CANTONS DE GÉROME

4.1. Différence entre le temps et le climat dans le secteur touristique

s'agissant du secteur touristique, le temps (à court terme) a plus d'influence que le climat (à long terme). Pourtant, c'est le climat qui met en danger sa continuité (stations de ski, terrains de golf, campings et complexes résidentiels en première ligne de la mer, etc.).

Le secteur touristique tient essentiellement compte du temps (les conditions et phénomènes atmosphériques à un endroit et à un moment donné) et oublie le climat (l'ensemble des conditions atmosphériques et environnementales propres à une région: climat méditerranéen, climat océanique, climat tropical, etc.) et son changement imminent.

Pour que le territoire et l'activité touristique soient résilients, il est essentiel que le secteur commence à considérer les projections climatiques et à analyser la viabilité – pas seulement économique mais aussi environnementale – de rester dans un endroit déterminé et de faire perdurer une gestion non-durable dans le temps.

L'offre touristique ne cesse d'augmenter malgré la régression des plages et du phénomène de nivation.

4.2. Communes touristiques des cantons de Gérone

En 2016, plus de 5 millions de touristes ont visité la province de Gérone (Costa Brava et Pyrénées de la province de Gérone), ce qui représente une hausse de 4,6 % par rapport à 2015. D'après les données de l'Observatoire du tourisme en Catalogne, près de 20 millions de nuitées ont été enregistrées dans la province. Étant donné que la population de la province de Gérone s'élève à près de 750 000 personnes, il est important de souligner que *le nombre de touristes multiplie par 7 le nombre d'habitants dans les cantons de Gérone.*

Sur les 222 villes de la province de Gérone, 41 sont des villes touristiques soumises aux horaires commerciaux selon la loi 18/2017 relative au commerce, aux services et aux salons (*Llei 18/2017, de comerç, serveis i fires*). En application de la loi relative au commerce, les villes peuvent demander le statut de ville touristique afin de réglementer l'horaire d'ouverture des commerces.

Toutefois, selon la loi 13/2002 relative au tourisme en Catalogne, sont considérées comme des villes touristiques celles qui réunissent, au moins, une des deux conditions (article 18):

- a) *la moyenne annuelle pondérée de la population touristique doit être supérieure au nombre d'habitants et le nombre de places d'hébergement touristique et de places de résidences secondaires doit être supérieur au nombre d'habitants;*
- b) *la ville doit disposer d'une zone territoriale qui répond à la qualification de ressource touristique essentielle.*

Dans la mesure où le règlement d'application de la loi relative au tourisme en Catalogne n'a pas encore été promulgué, la liste définitive des villes touristiques n'est pas disponible.

Le fait d'être classée ville touristique implique des *droits* (horaire d'ouverture des commerces et priorité dans le plan d'investissement de Catalogne), mais aussi des *devoirs* (ainsi qu'il est prévu à l'article 19 de la loi 13/2002 relative au tourisme):

1. Indépendamment des services minimums établis de manière générale et des compétences correspondant à d'autres administrations publiques, les villes touristiques s'engagent également à fournir les services suivants:

- a) la protection en matière de salubrité publique et d'hygiène sur l'ensemble de la commune, y compris sur les plages et les côtes;*
- b) la protection civile et la sécurité citoyenne;*
- c) la promotion et la protection des ressources touristiques de la commune;*
- d) la signalisation touristique et d'intérêt général en conformité avec les critères d'homogénéisation fixés par voie réglementaire;*
- e) l'accueil et l'orientation des touristes dans un office de tourisme membre du Réseau des offices de tourisme de Catalogne, avec les services et les horaires minimums fixés par voie réglementaire;*
- f) la mise à disposition des touristes d'un service d'accès à Internet, utilisable ponctuellement, dans l'office de tourisme ou dans d'autres lieux ouverts au public;*
- g) les attributions environnementales qui leur incombent, en accord avec la réglementation sectorielle.*

2. En plus de ceux visés au paragraphe 1, les villes touristiques doivent fournir les services minimums en fonction de la population, dont le volume résulte de l'addition du nombre de résidents avec la moyenne annuelle pondérée de touristes. En accord avec la législation locale, il est possible de mettre en place, en fonction des besoins, d'autres services complémentaires, sur une base saisonnière ou selon différentes intensités, en fonction de l'affluence de touristes.

Dans un contexte marqué par le changement climatique, ces exigences légales seront encore plus difficiles à satisfaire par les villes touristiques.

4.3. Adaptation au changement climatique du secteur touristique

en analysant le cadre conceptuel établi par l'UE (voir le point 4.4), il apparaît que *tous les impacts climatiques ont des conséquences directes sur le secteur touristique.*

Conformément aux dispositions de la loi 16/2017 du 1er août 2017 relative au changement climatique et au *Terçer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (TICCC) (Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne, TICCC), quelques-unes des actions d'adaptation du secteur touristique pourraient être les suivantes:

- nouveau modèle touristique pour évaluer les nouvelles situations climatiques (le climat et pas seulement le temps, changement du modèle « soleil et plage » et « ski » pour un tourisme culturel et basé sur la nature);
- désaisonnalisation et diversification des activités et des produits touristiques;

- mesures d'économie et de réutilisation des ressources (eau, énergie, déchets, dessalinisation, etc.) pour garantir les services municipaux de base;
- prévention, autoprotection et évacuation des citoyens en cas d'urgence (avalanches, tempêtes, etc.);
- écocertification du secteur touristique;
- fixer les limites de la capacité de charge et redistribuer la pression touristique pendant l'année (diversification de l'offre et de la demande);
- renaturalisation des plages (dunes) et protection du littoral (jetée, digues, etc.);
- transformation et réorientation (stations de ski versus stations de montagne);
- concentration et limitation de la pression touristique sur le territoire en vue de protéger les espaces d'intérêt naturel;
- réimplantation et réaménagement urbain (complexes résidentiels sur le littoral, campings, terrains de golf, stations de ski, etc.);
- Nature Based Solutions (NBS) et traitement urbains doux et verts;
- sensibilisation et information des acteurs du secteur et des touristes;
- taxes touristiques et compensation des émissions de CO₂ pendant le trajet.

Finalement, l'adaptation au changement climatique du secteur touristique passe par la diversification de l'offre touristique, la durabilité de la gestion des ressources et la non-expansion du secteur.

Il convient en outre de tenir compte du concept de « mauvaise adaptation » au moment de définir des actions d'adaptation. Les actions doivent garantir des effets positifs, en considérant les bonnes pratiques, les mesures « gagnant-gagnant », etc. et, en aucun cas les actions ne doivent favoriser une hausse de la dépense énergétique, des émissions, des coûts environnementaux ou de la vulnérabilité (par exemple: installer des usines de dessalinisation pour alimenter les équipements touristiques lorsque l'action implique une hausse de la consommation en énergie, des ressources et des émissions).

Dans le cadre du projet ECTAdapt, il convient d'élaborer une méthodologie transfrontalière pour la rédaction des PAEDC et une check-list des actions d'adaptation au changement climatique par secteurs (voir le point 4.4). Même si le secteur touristique n'est pas une compétence municipale directe en Gérone, contrairement à la promotion économique, il est important de prévoir des actions types que les administrations locales mettront en œuvre dans le cadre de leurs PAEDC.

BIBLIOGRAPHIE

Publications:

Ana Rita Neves, et al. (2016), « *Lignes directrices pour la remise des rapports de suivi de la Convention des Maires pour le climat et l'énergie* », Convention des maires pour le climat et l'énergie. Doi: 10.2790/6602

Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya (2016) « *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* ». ISBN: 978-84-9965-317-4

Oficina Tècnica de Canvi Climàtic i Sostenibilitat (2016) « *Guia per redactar els Plans d'Acció per l'Energia Sostenible i el Clima a la província de Barcelona* ». Diputació de Barcelona

Sites Internet:

CILMA - ECTADAPT: <http://www.cilma.cat/?p=184653> [consulté le 25 octobre 2017]

CoMO (Convention des maires pour le climat et l'énergie): http://www.covenantof-mayors.eu/index_en.html [consulté le 25 octobre 2017]

NASA – GLOBAL CLIMATE CHANGE: <https://climate.nasa.gov/> [consulté le 25 octobre 2017]

TOURISME ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES PYRÉNÉES

AUTEURS: **JUAN TERRÁDEZ**¹, **IDOIA ARAUZO**¹,

CO-AUTEURS: **MARC PONS**^{2,3}, **ISIDOR PEIRATO**⁴

1. Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC) de la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP), 2. Centre d'Études de la Neige et de la Montagne d'Andorre (CENMA), 3. Observatoire du développement durable en Andorre (OBSA) 4. Communauté de Communes Pyrénées-Cerdagne
j.terradez@ctp.org

Résumé

Le secteur touristique est défini comme l'un des moteurs socio-économiques des territoires pyrénéens. Les facteurs climatiques et météorologiques sont déterminants dans le choix final des touristes et dans la perception de l'attractivité touristique des différentes destinations (Eurostat, 2016). Du point de vue du choix des touristes, le changement climatique peut: I) altérer les conditions de confort thermique, avec des effets directs sur les touristes, II) influencer les conditions nécessaires à la pratique de certaines activités touristiques telles que le ski alpin, et III) faire varier l'attrait touristique de certaines destinations de montagne à travers des changements environnementaux avec des effets contextuels défavorables.

Le changement climatique est très susceptible de provoquer: I) une diminution de l'attractivité touristique de certaines stations de ski, II) l'altération de certains éléments iconographiques du paysage pyrénéen, et III) une augmentation de l'impact des phénomènes météorologiques extrêmes sur les infrastructures touristiques.

1. DIMINUTION DE L'ATTRACTIVITÉ TOURISTIQUE HIVERNALE DE CERTAINES STATIONS DE SKI

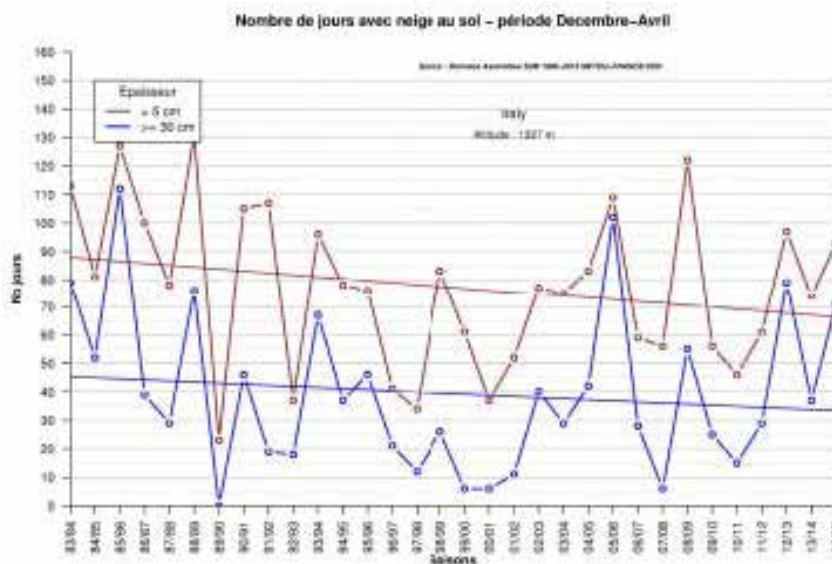
Le tourisme d'hiver est la principale source de revenus et le moteur du développement local dans de nombreuses régions des Pyrénées (OMT, 2015). Cependant, ces dernières années, ce secteur a été identifié comme extrêmement vulnérable aux effets du changement climatique (Pons *et al.*, 2015; EEE, 2016). L'augmentation significative des températures moyennes, maximales et minimales hivernales enregistrées des deux côtés du massif au cours du siècle dernier (OPCC, 2013) et la forte sensibilité de la neige à la hausse des températures ont entraîné une diminution de la proportion des précipitations hivernales sous forme de neige et une augmentation de l'énergie

Encadré 1. Le projet FEDER EFA082 / 15 OPCC2

L'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC) vise à suivre et comprendre le phénomène du changement climatique dans les Pyrénées pour aider ses territoires à s'adapter aux impacts observés et prévus. L'OPCC est une initiative de coopération territoriale transfrontalière de la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP), lancée en 2010 sous la présidence de l'ancienne région Midi-Pyrénées. Les membres de la CTP, et aussi par conséquent de l'OPCC, sont la région d'Aragon, la Nouvelle-Aquitaine, la Catalogne, le Pays basque, la Navarre, l'Occitanie et la Principauté d'Andorre. Son ambition est de devenir une plateforme de référence sur le changement climatique et sur l'adaptation dans les Pyrénées, à travers une politique de coopération, de transparence et d'échange d'informations. À l'heure actuelle, l'Observatoire met en œuvre le projet OPCC-2, qui a été structuré et promu dans le but de poursuivre la ligne de travail de l'OPCC et de capitaliser les résultats des principales recherches menées sur le sujet dans le massif. La Communauté de Travail des Pyrénées, chef de file de l'OPCC-2, comprend également six partenaires stratégiques provenant des deux côtés de la chaîne montagneuse, qui mènent les axes thématiques suivants: l'Université de Saragosse (UNIZAR), pour la climatologie; l'Institut Pyrénéen d'Écologie (IPE) du CSIC (Conseil supérieur de la recherche scientifique), pour les écosystèmes sensibles de haute montagne (lacs et tourbières); FORESPIR, pour l'axe forestier; le Conservatoire Botanique des Pyrénées, pour la flore; et la Station Expérimentale Aula Dei du CSIC (EEAD) avec l'Agence de Recherche Géologique et Minière (BRGM), pour les ressources hydriques. Les quatre premiers partenaires pilotent également, en tant que chefs de file, les quatre projets programmés et associés à l'Observatoire: Climpy, Replim, Canopee, Florapyr et Piragua, respectivement. L'OPCC coordonne et harmonise la communication et la diffusion des principaux résultats et connaissances générés sur le changement climatique dans le massif. L'une des actions les plus importantes est la plateforme d'informations en ligne qui intégrera des bases de données de bonnes pratiques d'adaptation géolocalisées et le géoportail d'informations cartographiques spécifiques. L'objectif de la plateforme est de collecter, systématiser et faciliter l'accès à un maximum d'informations significatives concernant l'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées. L'Observatoire publie régulièrement des rapports sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation. La prochaine publication est prévue pour le premier semestre 2018. L'Observatoire organise également des séminaires scientifiques et des ateliers sectoriels, dirigés aux secteurs socio-économiques et autres parties prenantes, et visant à promouvoir la participation et la diffusion d'informations sur le changement climatique dans les Pyrénées.

disponible pour la fusion de la neige. Par conséquent, on assiste à une diminution du nombre de jours accumulant une quantité de neige suffisante pour pouvoir développer en toute normalité les différentes modalités du ski alpin, avec une migration vers des niveaux plus élevés de la ligne d'accumulation de neige (Minder, 2010; Ló-

Figure 1. Évolution du nombre de jours avec de la neige au sol pendant la saison hivernale (de Décembre à Avril) à Iraty (1 327 m) depuis Décembre 1983. La courbe marron représente le nombre de jours où l'épaisseur de la neige est supérieure à 5 cm et la courbe bleue le nombre de jours où elle dépasse les 30 cm d'épaisseur. *Source*: Climathd, 2017.



pez-Moreno *et al.*, 2013). Dans une étude récente sur l'évolution du manteau neigeux et le nombre de jours skiables dans les stations de ski des Pyrénées, il a été déterminé que durant la période comprise entre 1960 et 2010, le nombre de jours par an où l'épaisseur de la couverture neigeuse était inférieure à 30 cm et 100 cm a diminué de manière significative dans toutes les stations de ski, en particulier dans les stations de basse altitude (5-70% et 42-100% respectivement) et de moyenne altitude (4-20% et 20-65% respectivement) (Gilaberte-Búrdalo *et al.*, 2017). De plus, la date du début de la saison de ski a été progressivement reportée, avec des retards compris entre 5 et 55 jours dans les stations de basse altitude, et entre 5 et 30 jours dans les stations de moyenne altitude. Ce décalage conduit souvent à une réduction des revenus annuels, avec des conséquences économiques importantes pour les stations. Comme le retard du début de la saison des neiges coïncide souvent avec la saison de plus forte demande touristique dans les stations de ski, celles-ci sont de plus en plus obligées de recourir à la fabrication de neige artificielle pour rester opérationnelles, avec d'importantes répercussions économiques à cause de la dépense énergétique, de l'entretien et de la gestion de l'équipement d'enneigement artificiel. En ce qui concerne les autres aspects socio-économiques, il faut mentionner que l'augmentation de la demande hydrique pour la production de neige pourrait être compliquée à gérer dans un contexte de pénurie d'eau croissante, pouvant même se retrouver en conflit avec d'autres secteurs dont la demande hydrique est élevée.

D'un autre côté, il est probable que l'augmentation des températures hivernales nuise à la capacité de produire efficacement de la neige artificielle. Par conséquent, les coûts de production pourraient augmenter progressivement, si le nombre de jours propices à la production de neige artificielle diminue (Steiger et Abegg, 2013; Pons *et al.*, 2015)

La production de neige artificielle à grande échelle, en plus de mettre en péril la rentabilité économique des stations de ski, entraîne une série d'externalités environnementales (Steiger et Abegg, 2013). Notamment, l'utilisation massive de cette ressource a des effets négatifs à la fois sur la végétation et sur le potentiel érosif des versants. Par ailleurs, cela pourrait également augmenter le risque d'altération de la qualité de l'eau retournée à l'environnement, en raison de la présence potentielle d'additifs. En ce qui concerne la situation future, les principaux modèles climatiques semblent tous indiquer une aggravation de la situation actuelle vers le milieu ou la fin de ce siècle. En général, des augmentations moyennes de températures allant jusqu'à +2°C sont attendues pour 2070, et jusqu'à +4°C pour 2100 dans les Pyrénées (López-Moreno *et al.*, 2009). Si de tels scénarios se confirmaient, la couverture de neige ainsi que la superficie recouverte de neige continueraient de diminuer de plus en plus au cours des prochaines décennies, entraînant une réduction de la surface skiable totale. D'autre part, on assisterait également à des changements considérables dans le cycle hydrologique, avec des conséquences sur les écosystèmes sensibles de haute montagne et sur la biodiversité. Globalement, il est probable que la somme de ces facteurs impose des défis importants au secteur du tourisme d'hiver (Déqué, 2011; Kovats *et al.*, 2014; EEE, 2016).

Encadré 2. Vulnérabilité future et adaptation des stations de ski dans les Pyrénées

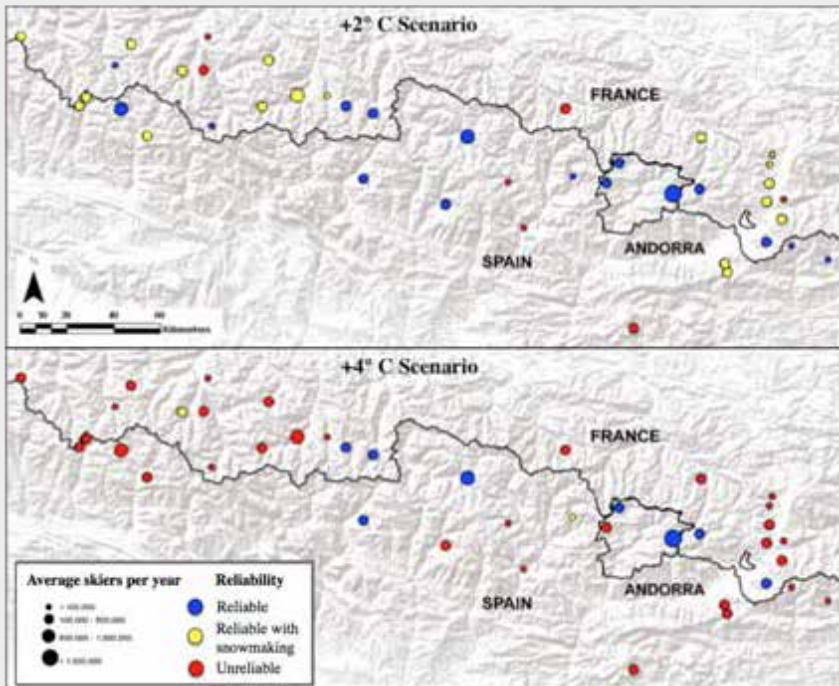
Pons *et al.* (2015) ont estimé la vulnérabilité future des stations de ski dans les Pyrénées, compte tenu de l'impact du changement climatique sur la capacité à exploiter les stations de ski de part et d'autre des Pyrénées (Figure 2).

Dans cette étude, les auteurs ont évalué la capacité d'exploitation future des principales stations de ski des Pyrénées selon deux scénarios d'augmentation des températures moyennes (+2°C d'augmentation de la température moyenne hivernale prévue pour la période 2051-2070, et +4°C pour la période 2071-2100) et avec l'hypothèse de l'utilisation ou non de canons à neige artificielle et du traitement des pistes en tant que mesure d'adaptation possible. Selon les critères utilisés par les auteurs, actuellement et pendant une saison de ski moyenne, 93% des stations des Pyrénées seraient capables de fonctionner normalement sans utiliser de neige artificielle. Ce pourcentage passerait à 98% avec l'utilisation de canons à neige artificielle. Cependant, dans un scénario d'augmentation de +2°C, ce pourcentage serait réduit à 44%, tandis que dans le cas d'une augmentation des températures moyennes de +4°C, le pourcentage total de stations de ski totalement opérationnelles chuterait à 7%. Même si l'utilisation de mesures d'adaptation techniques,

telles que la production de neige artificielle, avait un impact positif dans le premier scénario considéré (de 44% à 85%), dans le scénario de +4°C l'effet de la production de neige artificielle serait résiduelle et n'impliquerait pas d'augmentation significative du pourcentage de stations de ski pleinement opérationnelles, en raison de la diminution des jours propices à la production de neige artificielle.

Figure 2. Évolution de la capacité d'exploitation des stations de ski des Pyrénées incluant ou non la production de neige artificielle, sur deux horizons temporels différents et scénarios futurs différents (+2°C, pour la période 2051-2070, et +4°C pour la période 2071-2100). La couleur des points fait référence aux prévisions de la capacité à opérer qu'auraient les stations selon les différents scénarios. En bleu, les stations qui devraient conserver leur capacité d'exploitation; en jaune, les stations qui pourraient continuer à fonctionner à condition qu'elles produisent de la neige artificielle; et en rouge, les stations qui devraient avoir des difficultés à fonctionner pendant quelques années, même en produisant de la neige artificielle comme mesure d'adaptation. La taille des points est proportionnelle au nombre de skieurs reçus, par année, dans chacune des stations étudiées.

Source: Pons *et al.*, 2015.



Bien que les études concernant l'impact du changement climatique sur le tourisme hivernal ne soient pas très encourageantes pour le secteur, il est important de rappeler que les stations de ski des Pyrénées présentent des différences significatives, en termes de sensibilité et de vulnérabilité au changement climatique, en fonction des différentes caractéristiques à la fois géographiques, topographiques et de gestion (Campos-Rodrigues *et al.*, 2016; Serrano et Moreno, 2017; Gilberte-Búrdalo *et al.*, 2017) (Figure 3).

Figure 3. Critères pris en compte pour classer les niveaux de vulnérabilité des stations de ski alpin dans les Pyrénées. *Source:* Campos-Rodrigues *et al.*, 2016

Indicadores	Baja	Media	Elevada
Espesor máximo de nieve	173 - 258 cm	87 - 172 cm	0 - 86 cm
Altitud ²	Cota mínima por encima de los 2.000 m	El resto de las estaciones	Cota máxima por debajo de los 2.000 m
Proximidad a parques nacionales	< 10 km	10 - 20 km	> 20 km
Proximidad a espacios ZEPA	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Proximidad a espacios LIC	< 5 km	5 - 10 km	> 10 km
Número de plazas hoteleras en la zona de influencia	> 6.000	3.000 - 6.000	< 3.000
Número de viajeros entrados en la provincia	> 1 millón	0,5 - 1 millón	< 0,5 millones

Cette hétérogénéité des niveaux de vulnérabilité nous amène à classer les stations en trois groupes différents. Un groupe de stations considéré comme hautement vulnérable, car aussi bien dans le cas d'un scénario moyen que d'un scénario avec un changement climatique plus important, l'activité des stations serait affectée et les mesures d'adaptation techniques ne suffiraient pas. Un groupe de vulnérabilité moyenne pour lequel, face à un scénario de changement climatique moyen, les mesures techniques pourraient être suffisantes pour maintenir les stations opérationnelles, mais face à des scénarios de changement climatique plus intenses cela serait impossible (une transformation orientée vers la désaisonnalisation des stations de ski, et leur conversion en stations de tourisme de montagne, serait nécessaire). Et enfin, le groupe des stations les plus résilientes, avec des caractéristiques géographiques et socio-économiques qui leur confèrent une série d'avantages concurrentiels par rapport à d'autres, selon Pons *et al.*, 2015. En effet, loin de subir une baisse de la fréquentation, ils pourraient même attirer les skieurs des stations les plus vulnérables (Pons *et al.*, 2014). Si cela était le cas, en plus d'une réduction de l'ensemble du secteur du ski, le changement climatique pourrait également entraîner une redistribution du marché, et plus particulièrement le départ des skieurs des stations les plus vulnérables vers les stations les plus résilientes des Pyrénées.

2. ALTÉRATION DES ÉLÉMENTS ICONOGRAPHIQUE DU PAYSAGE PYRÉNÉEN

Le changement climatique peut avoir des répercussions sur le secteur touristique des Pyrénées. L'impact du réchauffement global est lié à l'évolution du paysage et surtout à l'accélération du processus de dégradation de certains éléments iconographiques du paysage de haute montagne tels que les tourbières, les glaciers et les lacs (Stewart *et al.*, 2016).

Figure 4. Image du glacier du Mont Perdu au cours de l'été 1981 (à gauche) et au cours de l'été 2011 (à droite). *Source: López-Moreno et al., 2016.*



D'autre part, les effets du réchauffement climatique sur la biodiversité du massif, tels que les changements physiologiques dans les forêts, le déplacement des communautés végétales vers des niveaux plus élevés ou la réduction de la biodiversité, pourraient contribuer, avec la dégradation des éléments iconographiques précédemment cités, à la réduction de l'attrait visuel des paysages pyrénéens. L'utilisation des forêts à des fins récréatives pourrait également être affectée par l'augmentation du risque d'incendies forestiers (Barrio *et al.*, 2008; Hystad et Keller, 2008), ainsi que la possibilité de voir certaines rivières et cours d'eau s'assécher ou la qualité de l'eau affectée par la diminution des précipitations, à certaines époques de l'année (López-Moreno *et al.*, 2013).

3. AUGMENTATION DE L'IMPACT DES PHÉNOMÈNES CLIMATIQUES SUR LES INFRASTRUCTURES TOURISTIQUES

L'influence du changement climatique sur les risques hydrologiques et les risques dérivés des phénomènes climatiques extrêmes est configurée comme un élément d'instabilité capable de générer d'énormes dommages sur les infrastructures directement et indirectement liées au secteur touristique dans les Pyrénées (complexes hôteliers et appartements ruraux, refuges, installations de télécommunication, routes de montagne et sentiers touristiques) et même dans certains cas, compromettent l'intégrité

des populations de ces lieux (Nogués-Bravo *et al.*, 2007). Les conséquences potentielles de l'augmentation des risques hydrologiques et météorologiques sur le secteur touristique comprennent à la fois des dommages directs aux personnes et des dégâts sur les installations d'hébergement et les infrastructures touristiques. Parmi les phénomènes hydrologiques et géologiques potentiellement calamiteux qui peuvent le plus changer de comportement, en raison du changement climatique se trouvent: les inondations soudaines ou les crues provoquées par une plus grande fréquence de précipitations intenses, ainsi que les éboulements et les glissements de terrain liés à l'augmentation des cycles de gelée et fonte, eux-mêmes causés par une plus grande variabilité climatique (Keiler *et al.*, 2010; Raia *et al.* 2013).

4. PROLONGATION DE LA SAISON TOURISTIQUE DE MONTAGNE

Le changement climatique pourrait aussi avoir des effets positifs sur le tourisme de montagne. La prolongation de la saison d'été et l'apparition de températures tendanciellement plus douces au printemps et en automne, ainsi que la chute des températures minimales, pourraient entraîner une augmentation du choix des destinations touristiques de montagne au détriment d'autres destinations moins confortables en raison des températures élevées (Isoard *et al.*, 2008). Cela pourrait supposer un plus grand avantage pour les Pyrénées en termes compétitifs, par rapport aux zones touristiques de soleil et de plage, si les touristes choisissaient de plus en plus les zones montagneuses pour leurs vacances, au lieu des zones côtières où les températures moyennes et maximales plus élevées pourraient réduire de manière significative l'aptitude climatique des basses altitudes (Bigano *et al.*, 2007).

Encadré 3. Reconversion de l'ancienne station de ski de Puigmal: un possible modèle de gouvernance à suivre

L'ancienne station de ski de Puigmal est la station la plus haute des Pyrénées françaises, grâce à des altitudes comprises entre 1 835 et 2 665 mètres. Avec 300 hectares skiabiles, elle représentait le plus grand domaine skiable des Pyrénées-Orientales. Le complexe hivernal de l'ancienne station de ski a été créé en 1970 et géré par le Syndicat Cerdagne Puigmal depuis 1990, après que les six municipalités de Saillagouse, Estavar, Err, Palau-de-Cerdagne, Nahuja et Sainte-Léocadie décident de s'unir afin de gérer les installations, malgré le fait que la station est entièrement située dans la municipalité d'Err. En 2013, il a accumulé une dette de 9,2 millions d'euros (6,7 millions d'euros à cause des investissements réalisés et 2,5 à cause du déficit de facturation), qu'il continue de rembourser à travers une ligne de crédits bancaires.

La situation qui a conduit à la fermeture de la station a été provoquée par plusieurs facteurs. Il faut souligner que durant trois années consécutives, la station a connu

Figure 5. Chiffre d'affaires et nombre de skieurs reçus dans la station Puigmal pendant les saisons de ski de 2003 à 2013. *Source: Communauté de Communes Pyrénées-Cerdagne, 2017.*

SAISON	CA TTC	JOURNÉES SKIEURS
2003/04	1 856 241	138 874
2004/05	1 005 230	74 937
2005/06	1 564 246	117 686
2006/07	631 618	60 761
2007/08	962 324	64 333
2008/09	2 143 438	119 350
2009/10	1 583 877	93 930
2010/11	1 228 696	77 419
2011/12	652 179	47 859
2012/13	675 202	40 592
moyenne	1 230 305	83 574

des niveaux d'enneigement très faibles, qui ont provoqué une plus grande fluctuation du chiffre d'affaires annuel. Cela a accru les difficultés du consortium de gestion pour faire face aux importants investissements réalisés en 2009. Dans l'ensemble, la délicate situation économique a entravé le paiement des prêts cumulés, forçant finalement la fermeture de la station.

Depuis sa fermeture et jusqu'en 2016, le futur de la station a traversé une période d'incertitude durant laquelle la Communauté de Communes Pyrénées-Cerdagne a tenu de nombreuses réunions avec les représentants des territoires et les acteurs locaux afin de définir l'avenir de la station et de gérer le solde des dettes accumulées. Après cette période d'analyse et de réflexion, la Communauté de Communes a décidé de miser sur la reconversion totale de l'ancienne station de ski, en station de montagne. Bien que les actions concrètes qui seront mises en œuvre pour la reconversion de la station restent encore à définir précisément, le projet sera sans aucun doute un outil touristique précieux pour le territoire, offrant de nouvelles opportunités à ses habitants et pouvant donner un nouvel élan socio-économique aux territoires voisins. Ce projet pilote, en plus d'adapter la station aux défis du changement climatique à travers sa reconversion en station de montagne —quatre saisons—, est un bon exemple d'intégration d'une activité socio-économique dans le contexte d'un territoire pyrénéen. L'ajustement saisonnier de l'ancienne station grâce la diversification des activités proposées, en plus d'accroître sa résilience face au changement climatique, répondra à une demande touristique de plus en plus forte.

5. CONCLUSIONS

Le tourisme de neige dans les Pyrénées présente une forte vulnérabilité aux impacts du changement climatique. Ce secteur est à la fois un important moteur dans de nombreux domaines du massif. L'ampleur des impacts attendus dépendra, en grande partie, des stratégies d'adaptation prises par les différents acteurs du secteur (touristes, tour-opérateurs et autorités de gestion du secteur) et de leur capacité à mener une gestion adaptative de leur activité. D'autre part, l'envergure de ces impacts sur les différentes stations de ski pourrait également changer en vertu de l'hétérogénéité des conditions, aussi bien géographiques et environnementales, que du contexte socio-économique et des systèmes de gestion. Parmi les principaux défis auxquels une grande partie du secteur devra faire face, la nécessité de réadapter les modèles de développement touristique actuels, afin de renforcer la résilience des stations face à la diminution future du nombre de jours de ski, a été soulignée au cours de cette session. Durant ce processus, il sera crucial de favoriser les opportunités émergentes pour le tourisme de nature et de montagne (concept de stations de montagne) sans perdre de vue les possibles externalités environnementales d'une plus forte pression touristique. À cet égard, les stratégies et plans de gestion de l'environnement naturel devront être renforcés, afin de réduire la vulnérabilité des écosystèmes et de la biodiversité des Pyrénées, en portant une attention plus particulière aux écosystèmes sensibles des hautes montagnes (lacs, glaciers, tourbières, etc.). En ce qui concerne la gestion des ressources hydriques, il sera nécessaire d'assurer une gestion équilibrée de l'eau dans le secteur touristique, en accordant une attention particulière aux bassins alimentés par les eaux pluviales par rapport à la production de neige artificielle, en vue des scénarios de pénurie future (par exemple, maximiser les économies et l'efficacité de l'eau). Pour finir, mais de manière plus urgente, il sera nécessaire d'assurer l'intégrité physique des personnes face aux risques hydrométéorologiques et climatiques qui peuvent être aggravés par le changement climatique (inondations, canicules, dégradation de la qualité de l'air et de l'eau, etc.), en particulier dans les zones d'affluence touristique déjà touchées par ce type de risque.

BIBLIOGRAPHIE

Bigano, A., J. M. Hamilton, R. S. J. Tol (2007) «The Impact of Climate Change on Domestic and International Tourism: A Simulation Study». *Integrated Assessment Journal*, 7, 25-49

Climathd, 2017. <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

Campos Rodrigues, L. M., Freire-González J., González Puig A., Puig-Ventosa I. (2016). Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España. *Ambienta: Le magazine du Ministère de l'Environnement*, (114), pp. 96-114.

- Déqué, M., Martin, E., Kitova, N. (2011). «Response of the snow cover over France to climate change». *Res Atmospheric Ocean Model*, 41(7), 11-2.
- ESPON Climate (2011). Climate change and territorial effects on regions and local economies, Scientific Report, Institute of Spatial Planning (IRPUD), TU Dortmund University, Dortmund.
- EEE (2016). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*.
- Eurostat (2016). «Tourism statistics at regional level-Statistics explained» (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Tourism_statistics_at_regional_level).
- Gilaberte-Búrdalo, M., López-Moreno, J. I., Morán-Tejeda, E., Jerez, S., Alonso-González, E., López-Martín, F., Pino-Otín, M. R. (2017). «Assessment of ski condition reliability in the Spanish and Andorran Pyrenees for the second half of the 20th century». *Applied Geography*, 79, 127-142.
- Hystad, P.W., Keller, P.C. (2008). «Towards a destination tourism disaster management framework: Long-term lessons from a forest fire disaster». *Tourism Management*, 29(1), 151-162.
- Isoard, S., Watkiss, P., Voigt, T., Barredo, J., Kristensen, P., Menne, (2008) «Chapter 7.9: Tourism and recreation». A Saunders, P., Ullstein, B., Swart, R.(Eds.), *Impact of Europe's changing climate, 2008 indicator-°C based assessment*. EEEReport No4/2008. European Communities Copenhagen, 187–189.
- Keiler, M., Knight, J., Harrison, S. (2010). «Climate change and geomorphological hazards in the eastern European Alps». *Philosophical Transactions of the Royal Society - Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1919), 2461-2479.
- López-Moreno, J. I., Goyette, S., Beniston, M. (2009). «Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees: Horizontal spatial variability and vertical gradients». *Journal of Hydrology*, 374(3), 384-396.
- López-Moreno J. I., Pomeroy J., Revuelto J., Vicente-Serrano, S. M. (2013). «Response of snow processes to climate change: spatial variability in a small basin in the Spanish Pyrenees». *Hydrol Process* 27(18), 2637–2650.
- López-Moreno, J. I., Revuelto, J., Rico, I., Chueca-Cía, J., Julián, A., Serreta, A., García-Ruiz, J. M. (2016). «Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981». *The Cryosphere*, 10(2), 681-694.
- Minder, J. R. (2010). «The sensitivity of mountain snowpack accumulation to climate warming». *Journal of Climate*, 23(10), 2634-2650.
- Nogués-Bravo, D., Araújo, M. B., Errea, M. P., & Martínez-Rica, J. P. (2007). «Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century». *Global Environmental Change*, 17(3), 420-428.

- OMT, 2015. Lien vers le rapport: <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416875>
- OPCC, 2013. Étude sur l'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées.
- Pons, M., Moreno, J. L., Esteban, P., Macià, S., Gavalda, J., García, C., & Jover, E. (2014). «Climate change influence on winter tourism in the Pyrenees. Experience from the NIVOPYR research project».
- Pons, M., López-Moreno, J. I., Rosas-Casals, M. and Jover, È. (2015). «The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate-induced changes in the snowpack». *Climatic Change* 131(4), 591–605 (doi: 10.1007/s10584-015-1400-8).
- Raia, S., Alvioli, M., Rossi, M., Baum, R. L., Godt, J. W., Guzzetti, F. (2013). «Improving predictive power of physically based rainfall-induced shallow landslide models: a probabilistic approach». arXiv preprint arXiv:1305.4803.
- Serrano, F. N., Moreno, J. L. (2017). «Spatio-temporal analysis of snowfall events in the spanish Pyrenees and their relationship to atmospheric circulation». *Cuadernos de investigación geográfica*, (43), 233-254.
- Steiger, R., Abegg, B. (2013). «The sensitivity of Austrian ski areas to climate change». *Tourism Planning & Development*, 10(4), 480–493.
- Stewart, E. J., Wilson, J., Espiner, S., Purdie, H., Lemieux, C., Dawson, J. (2016). «Implications of climate change for glacier tourism». *Tourism Geographies*, 18(4), 377-398.

LA VULNÉRABILITÉ DU TOURISME D'HIVER FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. L'EXEMPLE DES PYRÉNÉES CATALANES

DAVID SAURÍ ET JOAN CARLES LLURDÈS

Département de Géographie
Université Autonome de Barcelone
08193 Bellaterra (Barcelona)
David.sauri@uab.cat

Résumé

Cet article se concentre sur l'évaluation des possibles effets du changement climatique sur les stations de ski alpin dans les Pyrénées catalanes. Nous utilisons la métaphore du canari dans la mine pour indiquer comment les domaines skiables de certaines régions montagneuses des Pyrénées, en particulier celles situées dans des zones basses et/ou exposées au sud, peuvent connaître les premières manifestations négatives du changement climatique dans les Pyrénées. Après un bref examen de la situation actuelle du ski dans les Pyrénées, ce travail évalue la viabilité des stations selon trois scénarios climatiques et la présence ou non de neige artificielle. Dans le scénario intermédiaire (+2°C de température moyenne), pratiquement toutes les stations auront besoin de neige artificielle, tandis que dans le scénario extrême (+4°C), aucune station, à l'exception de Baqueira Beret, ne pourra assurer sa viabilité, même avec la neige artificielle. L'alternative proposée est celle de la transition vers des stations de montagne, limitant ainsi la dépendance à la neige.

Mots-clés

Changement climatique, ski, impacts, adaptation, Pyrénées.

1. INTRODUCTION

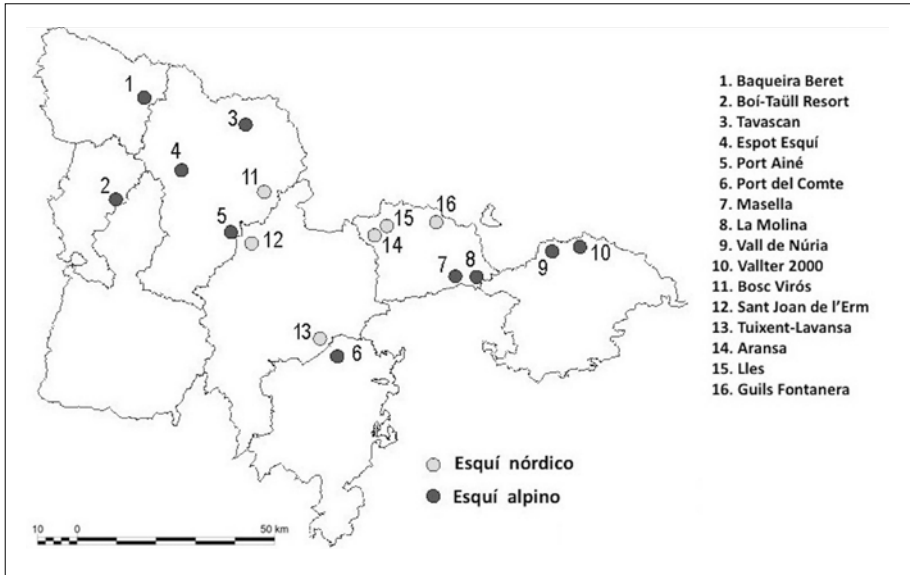
Dans le passé, dans les mines (et aussi dans les laboratoires de chimie), il était habituel d'amener un canari dans les galeries, afin de vérifier s'il y avait des émanations de gaz toxiques. Si le canari cessait de chanter, cela était interprété en effet comme une indication de la présence de ces gaz et, par conséquent, il valait mieux éviter cette galerie. Alors, dans le cas des impacts du changement climatique, nous trouvons déjà de nombreux «canaris dans la mine» ou, tout au moins, les premiers signes des impacts négatifs que s'attend à vivre une bonne partie de l'humanité suite à l'augmentation des températures. Ces mises en garde se manifestent, par exemple, par l'acidification croissante des océans, avec des effets dévastateurs sur certains écosystèmes marins (corail), ou par la disparition des masses de glace dans les systèmes montagneux des milieux tempérés. Dans ce contexte, et comme l'un des premiers exemples des impacts du changement climatique sur l'activité économique, le tourisme qui pratique les sports d'hiver, et notamment le ski, pourrait également être considéré comme un cas de «canari dans la mine».

Dans cette étude, nous nous intéressons à la situation des stations de ski dans les Pyrénées catalanes face au changement climatique. Devant une augmentation prévisible de la température et une diminution des précipitations sous forme de neige, nous examinerons les options disponibles pour les stations: dans un premier temps, elles pourraient avoir recours à la production de neige artificielle mais, tôt ou tard, un processus de reconversion en stations de montagne serait nécessaire, car elles ne pourraient probablement plus garantir des saisons de ski assez longues pour que les installations restent rentables.

2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU SKI EN CATALOGNE

Le ski en Catalogne regroupe 16 stations réparties dans les régions du Val d'Aran (1), l'Alta Ribagorça (1), le Pallars Sobirà (4), l'Alt Urgell (2), le Solsonès (1), la Cerdagne (5) et le Ripollès (2) (figure 1). On estime qu'elles génèrent un impact de l'ordre de 350 millions d'euros par an et environ 11 500 emplois. De nombreuses voix affirment que le ski est la seule activité qui, pour l'instant, peut garantir la survie économique et sociale des Pyrénées catalanes, malgré les pertes engendrées (chiffrées à 60 millions d'euros entre 2007 et 2016) qui ont conduit presque toutes les stations à passer dans le domaine public (Fraguell *et al.*, 2016). La grande exception est Baqueira Beret, la station de ski la plus importante de la péninsule qui, pour l'ensemble des Pyrénées catalanes, représente plus de 40% des forfaits vendus. À ce sujet, il est important de souligner qu'en 1990, pour la première fois dans l'histoire, un nombre total de 2 millions de forfaits est atteint, mais ce record est dépassé (plus de 2,2 millions de forfaits) lors de la saison 2005-2006, coïncidant avec une situation de boom économique et des conditions d'enneigement très favorables. Depuis, la croissance s'est arrêtée et le chiffre ne dépasse plus les 2 millions, à l'exception de la saison dernière (2016-2017), où le nombre de forfaits vendus a dépassé à nouveau ce chiffre (tableau 1).

Figure 1. Stations de ski alpin (et ski de fond) dans les Pyrénées catalanes.
Source: Élaboration propre.



Plusieurs sources indiquent une stagnation du marché du ski, aussi bien au niveau national et européen, qu'au niveau nord-américain (Vanat, 2014), alors que d'autres marchés, comme l'Asie, semblent connaître une forte croissance. Néanmoins, des initiatives, telles que l'augmentation et la diversification du nombre de pistes, l'offre de nouveaux services ou la diffusion de nouvelles modalités de sport, ne semblent pas générer une masse critique suffisante de skieurs pour assurer l'avenir. Autrement, attirer les skieurs de l'extérieur présente l'inconvénient majeur qui est que le gros du marché ne peut jamais dépendre d'un secteur qui est assez réduit et qui doit dépendre des skieurs locaux. Enfin, malgré les tentatives de captation du segment scolaire, la démographie et les tendances culturelles semblent également aller à l'encontre d'une future expansion du nombre de skieurs.

Parallèlement à ces ombres qui planent sur l'avenir du ski dans les Pyrénées catalanes, il faut garder à l'esprit que la présence de neige, ainsi que l'épaisseur et la durée du manteau neigeux, sont des facteurs clés en ce qui concerne la viabilité du ski. Selon le *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne* (Martin-Vide *et al.*, 2016), les températures dans les Pyrénées ont augmenté de 0,23°C par décennie, entre 1950 et 2014. Au cours de cette même période, on remarque une nette diminution des jours froids et des jours de neige (mais pas des précipitations dans leur ensemble). Comme beaucoup d'autres stations de ski dans le monde, la production de neige artificielle est devenue un facteur absolument indispensable pour assurer une durée minimum des saisons de ski. Le tableau 2 montre l'importance croissante de la neige artificielle, aussi bien en chiffres absolus (entre 2009 et 2016, le nombre de canons augmente dans

toutes les stations, passant de 2 200 à près de 2 700), comme en chiffres relatifs (dans au moins cinq stations, plus de la moitié des pistes sont enneigées artificiellement et, le nombre de pistes de neige artificielle représente pratiquement la moitié de l'ensemble des pistes). Baqueira, qui possède le plus grand nombre de canons installés, suivie par La Masella, qui compte également le plus grand nombre de pistes de neige artificielle, ne se distingue pas beaucoup en termes relatifs, probablement en raison de la vaste étendue de la station et de la présence de domaines skiables où la production de neige n'a aucunement été nécessaire en 2016. Dans tous les cas, Baqueira est déjà la plus grande station de l'État espagnol et en fonction des différents scénarios, la seule qui pourrait survivre à une augmentation significative de la température moyenne (voir ci-dessous).

Tableau 1. Stations de ski alpin dans les Pyrénées catalanes. Evolution des forfaits vendus (2010-2017). Source: Élaboration propre à partir des données des sites www.laneualdia.com / www.diaridelaneu.cat et www.nevasport.com

Nom de la station	2010-2011 ¹	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Baqueira-Beret	776.274	765.191	784.339	772.555	795.000	888.773	808.120
Boí-Taüll	145.510	110.000	82.000	105.000	117.000	119.500	143.000
Espot Esquí	--	51.125	55.000	62.000	63.211	68.069	68.410
La Molina	300.678	226.000	285.000	316.926	265.798	238.131	330.491
Masella	402.987	336.045	380.000	400.000	380.000	393.000	430.000
Port-Ainé	--	73.751	85.000	85.000	105.296	110.384	111.290
Port del Comte	82.000	60.000	104.000	115.000	52.000	49.000	88.000
Tavascan	25.000	15.000	5.000	5.800	2.500	10.000	9.600
Vall de Núria	40.151	32.000	30.000	38.859	45.944	29.642	40.856
Vallter 2000	80.000	59.782	38.000	60.000	60.294	28.526	59.308
Total	2.008.580	1.728.894	1.856.339	1.961.140	1.887.093	1.935.025	2.089.236

¹Pour la saison 2010-2011, Espot Esquí et Port-Ainé cumulaient un total d'environ 155 000 forfaits.

Tableau 2. Stations de ski alpin dans les Pyrénées catalanes. Pistes de neige artificielle (2009-2016). *Source*: Fraguell et al. (2016) et l'Association touristique des stations de ski et de montagne (ATUDEM) (2016).

Station	Kms de domaine skiable		Nombre total de pistes		Canons de neige		Kms de pistes avec neige artificielle		Pourcentage par rapport au nombre total de pistes	
	2009	2016	2009	2016	2009	2016	2009	2016	2009	2016
Baqueira-Beret	108	156	69	104	549	629	39	43	36,1	30
Boi-Taüll	45,3	47	52	47	205	285	20,2	20,2	44,6	43,8
Espot Esquí	23'6	25	22	22	104	163	10,6	15	44,9	66,6
La Molina	60	68	52	63	440	480	27	37	45	54
Masella	68	74,5	74	65	418	558	33	49	48,5	66
Port-Ainé	32,5	26,7	22	25	90	126	12	11,5	36,9	35,9
Port del Comte	40,7	50	36	37	240	256	20	20	49,1	40
Tavascan	5	5	5	7	0	1	nd	nd	0	0
Vall de Núria	7,6	7,6	11	11	85	88	6,6	6,6	86,8	90
Vallter 2000	19,9	18,7	14	13	77	86	9	9	45,2	69,2
Total	411	478,5	347	394	2.208	2.672	177,4	211,3	48,6	49,5

La production de neige artificielle n'est cependant pas exempte de controverses importantes, avec des arguments de nature économique et environnementale autant en sa faveur comme à son encontre. Les arguments favorables assurent qu'il s'agit d'une utilisation non consommatrice d'eau, car celle-ci retourne dans l'environnement après la fusion. Ils disent également que les dépenses hydriques et énergétiques ne sont pas très élevées si on les compare, par exemple, aux dépenses urbaines. Ainsi, ils estiment que la quantité totale d'eau utilisée pour la production de neige, dans toutes les stations de ski catalanes, équivaldrait à la consommation en eau dans la ville de Barcelone au cours d'une journée. Le même argument est utilisé en ce qui concerne l'énergie, avec une dépense similaire à celle qu'aurait un avion *Jumbo* lors d'un seul voyage aller-retour Europe-Caraïbes. Finalement, ils affirment que les stations sont très respectueuses de la réglementation environnementale des usages prioritaires de l'eau et des débits écologiques. En revanche, les voix critiques assurent que l'eau provenant de la fusion de la neige artificielle retourne dans l'environnement dans conditions de qualité différentes, et souvent dans un bassin différent de celui où elle a été prélevée, que les quantités d'eau nécessaires à la production de neige artificielle sont très élevées (285 000 litres pour une surface de 60 m² et une épaisseur de 15 cm), que cette dépense

énergétique est également très élevée (les canons à neige représentent 50% de l'énergie consommée dans les stations) et que de nombreux prélèvements d'eau sont illégaux. Dans tous les cas, les coûts économiques de la neige artificielle sont estimés à environ 2,5 millions d'euros par saison pour l'ensemble des stations en Espagne, un chiffre qui va probablement augmenter dans le futur et qu'il est difficile de compenser avec la vente des forfaits de ski et avec le reste des revenus économiques des stations (Campos *et al.*, 2016).

Cependant, les questions les plus importantes au sujet de la neige artificielle concernent sa propre évolution climatique et les scénarios d'augmentation des températures moyennes. D'après les travaux de Pons (2014) et Pons *et al.* (2015), nous disposons de calculs systématiques de viabilité des stations de ski catalanes, avec et sans présence de neige artificielle. Dans ces travaux, trois scénarios sont prévus par rapport aux températures moyennes: un scénario avec une température moyenne égale à la température actuelle, un deuxième scénario avec une température moyenne 2°C supérieure à la température actuelle, et un troisième scénario qui prévoit une température 4°C supérieure à la température actuelle. De plus, une station est estimée naturellement viable si elle dispose d'une couverture d'au moins 30 cm de neige pendant un minimum de 100 jours par saison. En revanche, la viabilité technique impliquerait la capacité de pouvoir produire de la neige artificielle dans les trois scénarios mentionnés. Enfin, ces auteurs classent les stations de ski en fonction de leur viabilité naturelle et technique, en fonction des trois scénarios de température précités. Dans les conditions actuelles, trois stations (Espot, Port-Ainé et Port del Comte) ne pourraient assurer leur viabilité naturelle et devraient recourir à la neige artificielle. Dans le cas du scénario des +2°C, ces trois stations ne seraient pas viables ni avec de la neige artificielle, alors que dans le scénario des +4°C aucune station ne le serait, même avec de la neige artificielle, à l'exception de Baqueira Beret.

En général, et pour l'ensemble de la zone pyrénéenne, les stations situées à des altitudes plus basses et orientées vers le sud seraient les plus exposées au manque de neige et/ou au manque de viabilité pour la production de neige artificielle. Une option possible consisterait donc à étendre les domaines skiables vers des altitudes plus élevées et orientées vers le nord, ce qui ne semble pas très réalisable à cause des limitations orographiques. Autrement dit, les connexions entre les stations qui auraient permis d'étendre ces domaines (par exemple, de Baqueira à Vall d'Arreu, de Boí Taüll à l'ancienne station de ski de Vall Fosca ou de La Molina au Coll de Pal) resteraient bloquées. D'autre part, le changement climatique pourrait ne pas être le seul problème environnemental auquel devront faire face les stations de ski catalanes, en particulier en ce qui concerne l'eau, une ressource de plus en plus indispensable ne serait-ce que pour assurer la capacité de production de neige artificielle. En plus de la probable diminution des précipitations impliquée dans le changement climatique, un autre élément de risque très important doit être pris en compte, et concerne l'impact de la diminution de la disponibilité de l'eau qui entraînera certains changements dans l'utilisation des sols et surtout, dans la

croissance des couvertures forestières dans les régions pyrénéennes. Ainsi, selon certaines études (voir par exemple le projet MEDACC), la quantité d'eau disponible à la source de certaines rivières originaires des Pyrénées pourrait être réduite jusqu'à 50%.

Le tourisme d'hiver et la pratique du ski sont également étroitement liés à l'image du canari dans la mine en termes de perception sociale, surtout en comparaison avec d'autres modalités touristiques telles que le tourisme de soleil et de plage. Dans les enquêtes réalisées auprès des résidents des Pyrénées d'un côté, et dans les zones touristiques du littoral catalan et des Baléares de l'autre, il a été possible de vérifier à quel point la perception de certains impacts du changement climatique (infrastructures touristiques, lieux de travail ou activité économique, en général) était beaucoup plus marquée dans les zones des Pyrénées proches des stations de ski que dans les zones touristiques côtières (March *et al.*, 2013).

3. VIABILITÉ DES ALTERNATIVES À LA PRATIQUE DES SPORTS D'HIVER

Face à une situation peu favorable à la pratique des sports d'hiver, au moins dans les conditions actuelles, la continuité des stations actuelles passe par une transition vers des stations de montagne qui, en encourageant ces activités non hivernales, pourraient garantir une offre désaisonnalisée. Le tableau 3 montre une gamme d'autres activités offertes par les stations de ski, mais on soulignera qu'il s'agit souvent d'activités qui peuvent ne pas se réaliser strictement dans le cadre de la station de ski, mais plutôt aux alentours. Il faut également préciser que, parfois, l'offre sur le papier ne se traduit pas toujours par une pratique réellement existante. Ainsi, en 2015, on comptait un nombre total de 53 activités non hivernales, représentant une légère augmentation par rapport à 2009 (42). La Molina et La Vall de Núria restent les stations avec l'offre la plus variée, même si Baqueira semble également s'engager fermement vers cette transformation en dépit d'être la station présentant les meilleures conditions pour continuer la pratique du ski. En ce qui concerne le type d'activités, la randonnée et le VTT sont les activités les plus courantes, car elles nécessitent peu d'infrastructures et peuvent exploiter les routes et les chemins existants.

Cependant, cette stratégie de désaisonnalisation est encore à un stade très précoce, et les stations elles-mêmes semblent ne pas y croire beaucoup, car elles mettent davantage l'accent sur le renforcement du ski (avec des mesures telles que l'augmentation du nombre de pistes, des remontées mécaniques et des canons à neige artificielle, les politiques de prix agressives, les nouvelles pratiques telles que le ski nocturne, etc...). En dehors de cela, il faut également savoir que l'ouverture hors de la saison d'hiver peut représenter des coûts encore plus élevés par rapport aux possibles bénéfices des autres activités alternatives.

Tableau 3. Stations de ski alpin en Catalogne. Offre d'activités non hivernales (2015).

Source: Fraguell et al. (2016).

Station	Activités																			Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Baqueira-Beret				■				■	■	■	■	■	■							7
Boí-Taüll				■			■					■								3
Espot Esquí																		■		1
La Molina	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■		■	■			12
Masella				■	■									■						3
Port-Ainé			■														■	■		4
Port del Comte			■	■		■			■		■			■						6
Tavascan									■	■		■								3
Vall de Núria	■	■	■	■		■						■		■	■				■	9
Vallter2000	■					■			■				■							5
Total	3	2	4	7	2	4	2	1	5	2	2	4	3	5	1	1	2	2	1	53

1. Promenades à cheval - poneys / 2. Bateaux / 3. Tir à l'arc / 4. Promenades et randonnées / 5. Segway / 6. Tubby / 7. Spa / 8. Sports traditionnels / 9. VTT, Montagne Skyver / 10. Sports nautiques, pêche / 11. Sports aériens et de montagne / 12. Culture / 13. Télésiège / 14. Parcours aventure - parc de loisirs / 15. Orientation / 16. Nordic walking / 17. Quads / 18. Frisbee golf / 19. Course virtuelle.

4. CONCLUSIONS

Une saison aussi excellente que celle de 2016-2017 ne devrait pas faire oublier la situation de plus en plus incertaine dans laquelle se trouve le ski catalan. Avec de nombreuses stations qui subissent des pertes année après année et qui dépendent du secteur public, le processus de reconversion en stations de montagne ne semble pas progresser beaucoup, et seules quelques stations, en particulier Baqueira, résistent relativement bien à la crise. Le changement climatique peut accentuer encore plus ces tendances, car la ressource essentielle, la neige, aura tendance à être de plus en plus rare, à la fois en durée et en espace. En fait, la principale conséquence du changement climatique dans les domaines skiables des Pyrénées catalanes pourrait ne pas signifier obligatoirement une diminution importante ou même la disparition du ski, mais plutôt sa redistribution et concentration dans quelques zones, en particulier à Baqueira Beret. Selon Pons (2014), les stations de ski catalanes peuvent être classées en trois groupes: le premier groupe correspondrait aux stations pour lesquelles toute augmentation de température impliquerait la perte de viabilité, même avec de la neige artificielle; dans le second groupe, on trouverait les stations qui pourraient poursuivre leurs activités, mais avec le recours indispensable à la neige artificielle et une réorganisation et possible réduction de leurs domaines skiables; enfin, le troisième groupe se caractériserait par des saisons plus longues que le reste des autres stations et une offre touristique également plus grande et diverse.

Comme mentionné aussi dans cette étude, les effets du changement climatique sur la neige et la pratique des sports d'hiver ne sont pas le seul problème du ski catalan. Malgré les coûts économiques du maintien des éléments clés de l'attractivité touristique (en particulier la neige), nous devons garder à l'esprit, et aussi étudier, les dynamiques démographiques, économiques, culturelles et sociales qui peuvent affecter la pratique future du ski et du tourisme de neige. Cela ne fait qu'ajouter plus d'incertitude au secteur, en raison des défis tels que le manque de remplacement générationnel et les difficultés à attirer les jeunes générations possédant moins d'argent et ayant des habitudes de consommation différentes et exposées à d'autres formes de loisirs et de divertissement. Par conséquent, si l'intervention publique a été nécessaire pour assurer la viabilité sociodémographique et économique des régions pyrénéennes à travers le maintien des stations de ski, cette option peut se révéler de plus en plus problématique dans le futur, au moins pour la plupart des stations actuellement en service. Il faudra donc bientôt trouver d'autres alternatives si nous ne voulons pas voir le canari, représenté par le tourisme de la neige, irrémédiablement affecté par un gaz qui n'est pas toxique en soi, mais qui peut conduire à la disparition de la présence humaine permanente dans beaucoup de régions des Pyrénées catalanes.

BIBLIOGRAPHIE

- Association touristique des stations de ski et de montagne (ATUDEM) (2016). *Guide officiel des stations de ski 2017*. http://www.atudem.es/Products/00000001/MediaS-tatic/file/GUIA_ATUDEM_2017_online.pdf [Consulté: 20 Novembre 2017].
- Campos, Luís Miguel; Freire-González, Jaume; González, Aina; Puig-Ventosa, Ignasi (2016). «Costes y beneficios de la adaptación al cambio climático en el sector del turismo de nieve en España». *Magazine Ambiental*, 114, 96-108.
- Fraguell, Rosa M^a; Gómez, M^a Belén; Llurdés, Joan Carles; Martí, Carolina; Ribas, Anna; Saurí, David (2016). «Le Tourisme». A Martín-Vide, Javier et al. (dirs.). *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*. Barcelone: Gouvernement de la Catalogne et Institut d'Études Catalanes, 383-407.
- March, Hug; Saurí, David; Llurdés, Joan Carles (2014). «Perception of the effects of climate change in winter and summer tourist areas: the Pyrenees and the Catalan and Balearic coasts, Spain». *Regional Environmental Change*, 14 (3), 1.189-1.201. <<https://doi.org/10.1007/s10113-013-0561-0>>
- Martin-Vide, Javier; Prohom, Marc; Busto, Montserrat (2016). «Évolution récente de la température, des précipitations et autres variables climatiques en Catalogne». A Martín-Vide, Javier et al. (dirs.). *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*. Barcelone: Gouvernement de la Catalogne et Institut d'Études Catalanes, 93-112.
- MEDACC (Adapter la Méditerranée au changement climatique) <http://medacc-life.eu/ca>. [Consulté: 20 Novembre 2017].

- Pons, Marc (2014). *Climate change impact on winter tourism in the Pyrenees and adaptation strategies* (thèse doctorale co-dirigée par Martí Rosas et Èric Jover). Barcelone, Institut universitaire de recherche en science et technologies pour le développement durable, Université Polytechnique de Catalogne.
- Pons, Marc; López-Moreno, Juan Ignacio; Rosas-Casals, Martí; Jover, Èric (2015). «The vulnerability of Pyrenean ski resorts to climate-induced changes in the snowpack». *Climatic Change*, 131(4), 591-605 <<<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1400-8>>>.
- Vanat, Laurent (2014). *International Report on Snow & Mountain Tourism. Overview of the key industry figures for ski resorts* http://www.isiaski.org/download/20140517_ISIA_Vuokatti_1b_presentation_vanat.pdf [Consulté: 20 Novembre 2017].

LA CÔTE CATALANE PRÉSENT ET FUTUR

A. SÁNCHEZ-ARCILLA
Laboratori Enginyeria Marítima,
Universitat Politècnica de Catalunya
agustin.arcilla@upc.edu

Résumé

Ce travail analyse la problématique de la côte catalane dans les conditions actuelles. Tout d'abord, il détermine sous une forme agrégée l'évolution des conflits qui subsistent depuis des décennies. À continuation, ce document présente la projection globale du climat et en réalise un diagnostic tout en considérant, dans la mesure où les projections régionales sont disponibles, la situation à laquelle devra faire face la côte catalane au cours des décennies à venir. Par la suite, il passe en revue les mesures possibles sans négliger l'échelle climatique, afin que ce travail ne soit pas effectué en vain. L'article se termine par quelques considérations sur les plans futurs et les recommandations au sujet de notre côte.

1. LA CÔTE CATALANE DE NOS JOURS

La problématique de la côte catalane dépend de ses caractéristiques hydromorphodynamiques. Dans notre cas, il s'agit d'une côte soumise à une houle modérée. Le niveau de la marée astronomique est très faible, à moins de 30 centimètres, et la marée météorologique peut atteindre des valeurs proches de 1,0 mètre.

Du point de vue morphodynamique, la côte catalane a une longueur de 700 kilomètres, dont 250 kilomètres de plages de sable (75 kilomètres de plages ouvertes au large) et 150 kilomètres de plages urbaines. D'après les informations tirées du rapport *Llibre verd de la costa catalana* (Livre vert de la côte catalane), promu par la Generalitat de Catalogne, plus de la moitié de la côte subit une érosion de plus de cinquante centimètres à l'année, à partir des données couvrant la période 1995-2005. Nous en concluons que, dans les conditions climatiques actuelles, la côte catalane connaît une érosion qui augmentera les problèmes d'inondation et les dommages aux infrastructures (figure 1).

Ce problème peut s'illustrer par d'intenses tempêtes, comme celle de décembre 2008, ayant occasionné des dégâts sur la côte nord et la côte centrale, ou encore celle de janvier 2017, ayant affecté la région du Maresme. La situation est malheureusement récurrente étant donné que les problèmes d'érosion sont apparus il y a plus d'un siècle et touchent la côte sur toute sa longueur.

Figure 1. Résumé graphique du diagnostic actuel de la côte catalane.



Le diagnostic de notre côte est exacerbé par ses principales caractéristiques hydromorphodynamiques, à forte prédominance de houle, provoquant ainsi que les bancs de sable submergés en face de la plage deviennent pratiquement permanents. De la même manière, la durée des tempêtes revêt une importance égale ou supérieure à la hauteur du pic. Enfin, il convient d'ajouter qu'une grande partie du transport de sable, aussi bien longitudinal que transversal, est vérifié pendant quelques mois par an.

L'évolution côtière s'avère particulièrement active dans des zones dynamiques et souffrant d'un déficit endémique de sédiments, comme le delta de l'Èbre. La prédiction de l'évolution des zones côtières présentée en 1992 constitue une première analyse globale de l'ensemble de la zone deltaïque. La figure 1, en rouge, indique les zones d'érosion couvrant presque tous les alentours du delta, avec des zones d'accrétion correspondant essentiellement aux extrémités des deux péninsules, ainsi que deux zones très spécifiques, comme l'embouchure actuelle et une de rectification de l'orientation. Afin de résoudre ces conflits, il convient d'avoir une approche prenant en compte également le débit du fleuve. En dépit de la quantité limitée de flux de sédiments, à l'heure actuelle (environ un millième de ce que le fleuve apportait auparavant) l'avantage que peut représenter ce flux sédimentaire devrait être envisagé intégralement au niveau de toute la zone du delta, évaluant les possibilités de l'augmenter à travers une politique de contrôle des flux qui permettrait également de maintenir les barrages en amont.

Ces phénomènes d'érosion extrême touchant le delta de l'Èbre peuvent atteindre des valeurs de près de 2 kilomètres en 50 ans (zone du cap de Tortosa) et demandent des mesures urgentes qui devront également prendre en compte l'aménagement du territoire et la régulation du fleuve et de ses barrages. De plus, si on y ajoute l'élévation relative du niveau moyen de la mer (subsidence mensuelle de l'élévation du niveau moyen de la mer due au réchauffement climatique mondial), la superficie des terres émergées

du delta de l'Èbre peut subir des pertes sévères, comme le montrent les figures de la partie relative à la côte du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*.

Les plages urbaines constituent d'autres zones très vulnérables, illustrées dans cette même partie par les plages de la Barceloneta, où le recul projeté pour la ligne de bord affecte des zones urbaines, impliquant une approche prudente de la gestion côtière et urbaine de manière coordonnée.

Ce problème ne concerne pas uniquement les plages deltaïques et urbaines. De nombreuses zones subiront une érosion plus marquée, alors que dans certaines zones spécifiques de rectification ou à l'abri d'une barrière, l'érosion ne progressera pas. Cette situation est courante dans d'autres régions du monde, comme les deltas de l'Asie du Sud-Est ou les petites îles isolées. Pour tous ces archétypes côtiers, le défi du changement climatique exigera de prendre des mesures encore plus fermes afin de pouvoir les maintenir.

Compte tenu globalement de la situation de la côte catalane ou de la province de Valence et de la Méditerranée en général, la perte de territoire sera particulièrement importante et accélérée dès lors que l'élévation du niveau relatif de la mer atteindra un mètre. À partir de ce moment-là et au cours des futurs phénomènes d'élévation, la perte de territoire sera bien plus prononcée et affectera donc l'activité socio-économique. Cette élévation du niveau relatif de la mer (Jackson & Jevrejeva, 2016) peut atteindre jusqu'à 2 mètres due au réchauffement climatique et jusqu'à 1 mètre localement due à la subsidence. Ces chiffres sont d'ordre général, compte tenu de l'élévation moyenne du niveau de la mer, extrême à partir des projections moyennes de l'IPCC (AR-5).

En appliquant ces mêmes critères à une zone de la côte pourvue d'infrastructures de protection (brise-lames, digues, jetées) et donc particulièrement vulnérable (figure 2), il est possible d'analyser grâce à des données de dépassement pour les digues la situation de risque concernant les côtes sans mobilité ni dynamique naturelle. La figure 2 indique (à droite) l'effet de l'élévation du niveau moyen de la mer de 20 centimètres,

Figure 2. Niveau de risque (rouge: élevé, vert: faible) pour une section de voie ferrée du Maresme.



ainsi qu'une tempête avec des hauteurs de houle d'une période de retour de 50 ans, et la façon dont elle toucherait la voie ferrée du Maresme. Les parties signalées en vert sont celles présentant un risque faible alors que les parties en rouge sont celles présentant un risque élevé. La même tempête, avec une période de retour de 50 ans (figure 2, à gauche), montre une élévation du niveau moyen de la mer de 1,8 mètres, correspondant à 95% de probabilité d'élévation du niveau moyen de la mer au sein du scénario RCP 8.5, qui représenterait un risque pour toute une section de voie ferrée, dont la fonctionnalité devrait être remise en question pour cette date.

2. CONDITIONS CLIMATIQUE ET CONFLITS

L'évolution attendue pour les plages catalanes devra prendre en compte l'élévation du niveau relatif de la mer, exigeant donc d'estimer les fortes variations de pente le long de la côte catalane. Cette dernière, d'après les données du *Livre vert*, révèle un état d'érosion généralisé, permettant d'anticiper les problèmes actuels et en particulier ceux qui s'aggraveront à l'avenir, avec l'accélération attendue de l'élévation du niveau moyen de la mer et certaines conditions de houle (Jevrejeva *et al.*, 2014).

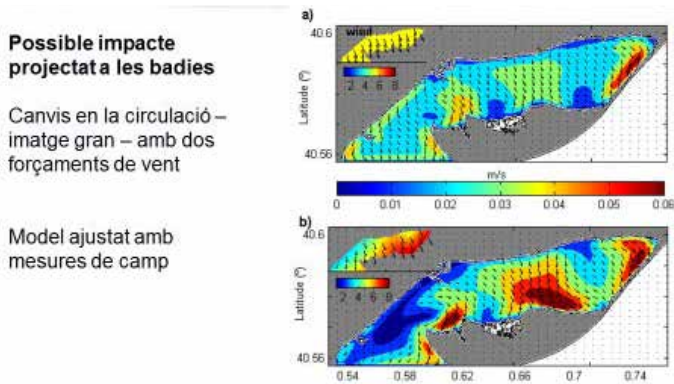
L'approche permettant de faire face à la projection des effets doit envisager des scénarios à court, moyen et long terme, tel qu'indiqué dans la figure 3. Le court terme fait référence à des perspectives relativement proches sur 10 ans maximum. Le moyen terme correspond à des perspectives sur 30 ans maximum, et le long terme sur 40 ans maximum. Cette approche, ordonnée et séquentielle, permettra d'en faire un diagnostic et d'anticiper les conflits (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2014), tout en étant accompagnée d'un bon réseau d'observations, aussi bien pour les facteurs océanographiques que pour la réponse côtière (par exemple, le plan des plages). Il sera alors possible d'agir de manière ordonnée et anticipée, ce qui est toujours beaucoup plus efficace.

Un autre aspect tout aussi important permettant d'obtenir une évaluation complète et intégrée de l'impact du climat futur est la qualité de l'eau dans toute la zone côtière, en particulier dans des zones côtières semi-fermées et exploitées, comme l'aquaculture du

Figure 3. Proposition d'intervalles et de perspectives d'intervention concernant un cas côtier (delta de l'Èbre) avec subsidence et élévation du niveau de la mer.

Plantejament solucions (intervenció + adaptació)			
	Curt termini	Mig termini	Llarg termini
Escala	≤ 10 anys (2025)	≤ 30 anys (2050)	≤ 100 anys (2100+)
RSLR Δ Ebro	< 0,3 m	< 1,0 m	< 1,5 m

Figure 4. Exemple de calcul indiquant la manière dont la variabilité du vent et du niveau de la mer veille à la circulation des baies au sein des zones deltaïques (delta de l'Èbre).



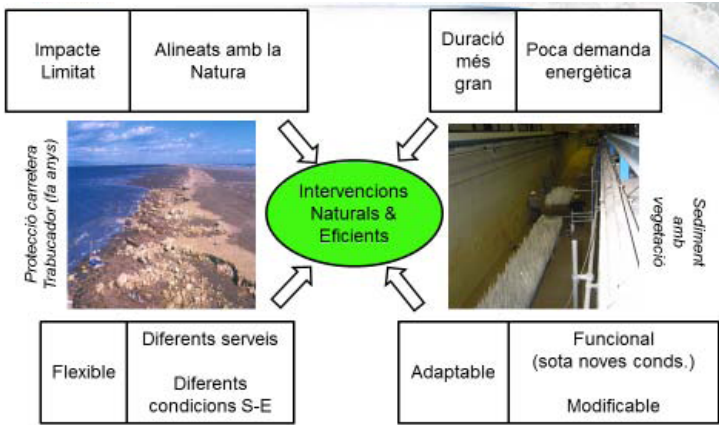
delta de l'Èbre. La figure 4 signale les modifications dans la circulation de la baie des Alfacs dues à un forçage du vent, à un flux terrestre ainsi qu'à un niveau moyen de la mer déterminé. Toute modification du flux continental ou du territoire (par exemple par l'association de la subsidence et de l'élévation du niveau moyen de la mer) se traduira par des modèles de circulation différents et, par conséquent, des distributions de température et de renouvellement d'eau également variées.

L'analyse des effets du climat sur les zones côtières urbaines requiert une mention spéciale sur l'aménagement particulier que présentent celles-ci. Par exemple, en ce qui concerne la côte de Barcelone, aussi bien du point de vue des plages, pour des facteurs d'érosion et d'inondation, que du point de vue des ports, pour des facteurs d'agitation et de dépassement, un traitement spécialisé et hautement résolutif est requis. D'après la section correspondante du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, la vulnérabilité des ports de la côte catalane à l'élévation du niveau relatif de la mer et à la variabilité des conditions de houle est très différente (Serra *et al.*, 2014). Étant donné que chaque port a une configuration à étage et des sections transversales de digues différentes, il est important d'effectuer une analyse approfondie tenant compte de cette géométrie de détail et évaluant correctement les possibles mesures de solution envisagées dans la partie ci-dessous.

3. MESURES ET PLANS D'AVENIR ENVISAGÉS

L'analyse complète de l'impact climatique sur la côte catalane devra tenir compte des différentes utilisations socio-économiques et des ressources naturelles disponibles afin d'obtenir une évaluation intégrée (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2015). Elle devra être accompagnée de propositions de mesures dont le principal objectif sera la recherche de dura-

Figure 5. Schématisation des exigences relatives aux interventions côtières basées sur le fonctionnement naturel de la côte.



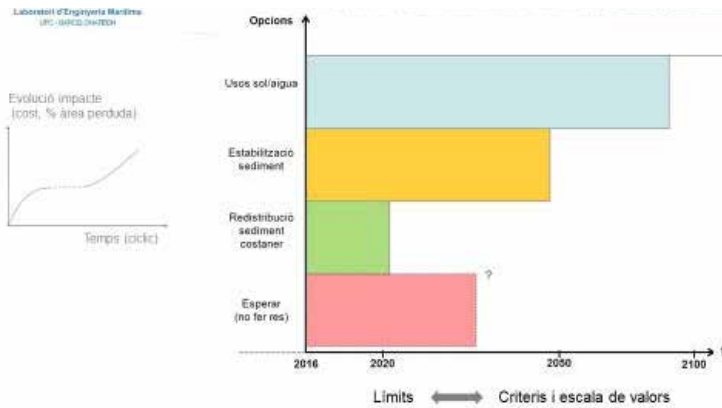
bilité, afin que les décisions à court terme ne mettent pas en péril la survie du système côtier à l'avenir (Genua-Olmedo *et al.*, 2016).

Dans ce contexte général, le but sera de proposer des interventions basées sur la nature et qui devront être les plus efficaces possibles, étant donné que les ressources énergétiques ou en sable ne sont pas assurées dans un futur proche. Par conséquent, comme le montre la figure 5, il s'agira de rechercher des interventions ayant un impact limité et donc en adéquation avec le fonctionnement naturel. En parallèle, leur durée de vie utile et, par conséquent, leur survie devront se maintenir le plus longtemps possible, afin de pouvoir réduire la demande en énergie. Compte tenu de l'incertitude des conditions socio-économiques futures et, par conséquent, des services devant être assurés sur la zone côtière, ces interventions devront être souples. Enfin, en raison des nouvelles conditions à prévoir dans le climat à l'avenir, ces interventions devront être polyvalentes.

Tout cela suggère une analyse basée sur l'évolution de l'impact comme une fonction du temps (Scussolini *et al.*, 2016). C'est ce qu'illustre schématiquement la figure 6, au sein de laquelle l'axe horizontal de temps varie selon le scénario envisagé, c'est-à-dire que les pires scénarios (par exemple RCP8.5) évolueront plus rapidement jusqu'aux seuils établis, par exemple, par la largeur de la plage ou la quantité de sable disponible. Un scénario plus optimiste (comme RCP2.6) présentera une évolution plus lente de l'impact au fil du temps, en ayant toujours à l'esprit une évaluation globale des effets socio-économiques (Tol *et al.*, 2016).

Les mesures possibles, en prenant un delta comme exemple de forte vulnérabilité côtière, commencent par « ne rien faire ». Cette solution, d'après les critères d'acceptation de la société, portera ses fruits uniquement pendant une période de temps rela-

Figura 6. Diagrama per a una planificació de l'adaptació costanera, que mostra el ventall de solucions possibles i la data màxima d'aplicació (escala qualitativa).



tivament courte, qui vraisemblablement n'atteindra pas 2050. Dans le même esprit, une redistribution du sédiment côtier, avec un fort impact environnemental et une demande en énergie non négligeable, présentera également une durée limitée en particulier si l'on considère que la quantité de sable disponible diminuera petit à petit en raison de la numérisation de la côte, la lutte contre l'érosion à l'intérieur des terres et la régulation du bassin fluvial.

Les interventions qui ont le plus de chance de perdurer passent par une stabilisation du sédiment côtier et une modification de l'utilisation des sols et de l'eau, favorisant le transport de sable vers la côte. La stabilisation du sédiment, en particulier si elle est effectuée à partir de solutions basées sur la nature, peut augmenter de manière significative la durée de cette ressource naturelle dont la disponibilité est limitée. La redistribution de l'utilisation des sols et de l'eau, en dépit de ses difficultés économiques et sociales, peut, d'une part, assurer la continuité des flux solides et liquides et, par conséquent, d'un flux continental permettant de continuer à alimenter la côte et, d'autre part, aider à maintenir la capacité des réservoirs.

4. CONCLUSION

Pour de plus amples informations concernant les effets du climat sur la zone côtière catalane, il convient de consulter la section correspondante du *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, publié par la Generalitat de Catalogne et l'Institut d'études catalanes. Pour obtenir une vision plus globale des effets d'un futur climat extrême sur les systèmes côtiers en Europe, il convient de prendre en considération la publication conjointe des projets HELIX, IMPRESSIONS et RISES-AM, et tout parti-

culièrement la troisième section, consacrée à la côte. Dans tous les cas, l'une des principales conclusions est que le maintien d'une côte souple avec un espace d'adaptation, dans le but de pouvoir exploiter les processus naturels permettant de dissiper l'énergie de la houle et l'élévation du niveau relatif de la mer, entraînera des interventions côtières plus durables et ayant un impact plus limité.

BIBLIOGRAPHIE

- GENUA-OLMEDO, A. ; ALCARAZ, C. ; CAIOLA, N. ; IBÁÑEZ, C. (2016). «Sea level rise impacts on rice production: the Ebro Delta as an example». *Science of The Total Environment*, vol. 571, p. 1200-1210. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.136>>
- JACKSON, L. P. ; JEVREJEVA, S. (2016). «A probabilistic approach to 21st century regional sea-level projections using RCP and High-end scenarios». *Global and Planetary Change*, vol. 146, p. 179-189. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2016.10.006.
- JEVREJEVA, S. ; GRINSTED, A. ; MOORE, J. (2014). «Upper limit for sea level projections by 2100». *Environmental Research Letters*, vol. 9, 104008. DOI: 10.1088/1748-9326/9/10/104008.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A. ; GARCÍA-LEÓN, M. ; GRACIA V. (2014). «Hydro morphodynamic modelling in Mediterranean storms. Errors and uncertainties under sharp gradients». *Natural Hazards and Earth System Sciences* (2014). DOI: 10.5194/nhess-14-2993-2014.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A. ; GARCÍA-LEÓN, M. ; GRACIA, V. (2015). Chapter 10: «Sustainability of artificial coasts: the Barcelona coast case». Elsevier (ed). *Coastal Zones. Solutions for the 21st Century*, p. 163-182. <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802748-6.00010-3>>
- SCUSSOLINI, P. ; AERTS, J. C. J. H. ; JONGMAN, B. ; BOUWER, L. M. ; WINSEMIUS, H. C. de Moel ; WARD, P. J. (2016). «FLOPROS: an evolving global database of flood protection standards». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16 (5), p. 1049-1061. DOI: 10.5194/nhess-16-1049-2016.
- SIERRA, J. P. ; CASAS-PRAT, M. ; VIRGILI, M. ; MÖSSO, C. ; SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (2014). «Projected impact on wave-driven harbour agitation due to climate change. Application to the Catalan ports». *Natural Hazards and Earth System Science* (under revision).
- TOL, R. S. J. ; NICHOLLS, R. J. ; BROWN, S. ; HINKEL, J. ; VAFFEIDIS, A. T. ; SPENCER, T. ; SCHUERCH, M. (2016). Comment on «The Global Impacts of Extreme Sea-Level Rise: A Comprehensive Economic Assessment». *Environmental and Resource Economics*, p. 1-4. DOI: 10.1007/s10640-015-9993-y.

L'APTITUDE CLIMATIQUE DU TOURISME DE SOLEIL ET DE PLAGE EN CATALOGNE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

M. BELÉN GÓMEZ MARTÍN

Département de Géographie, Université de Barcelone, Barcelone (Espagne)

Contact: bgomez@ub.edu

Résumé

Le tourisme de soleil et de plage est une activité économique importante en Catalogne qui dépend fortement des éléments atmosphériques. Le climat de la côte catalane présente d'excellentes aptitudes pour la pratique de cette modalité dans le contexte régional, et les projections indiquent que les conditions resteront favorables, bien que de nouvelles destinations concurrentes émergent d'un point de vue atmosphérique. Adapter les calendriers d'activité des plages à l'excellente potentialité de la ressource, à la fois dans le présent et dans le futur, doit être une priorité pour que chaque destination puisse être gérée en fonction de ses caractéristiques.

Mots-clés

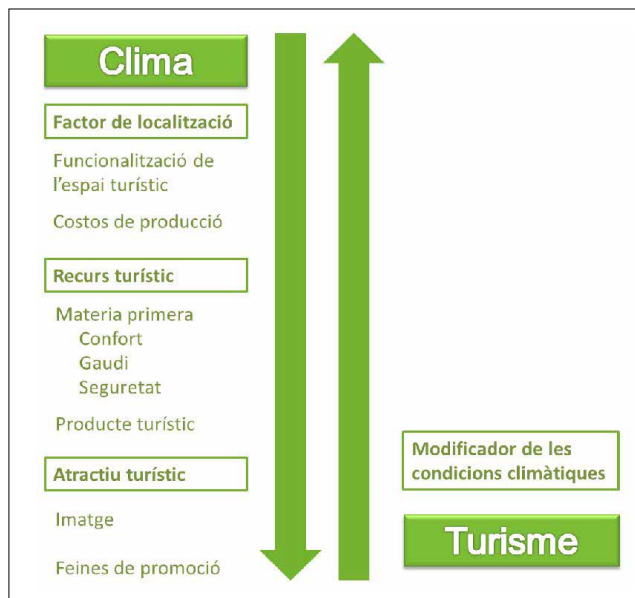
Tourisme de soleil et de plage, changement climatique, impacts directs, aptitude climatico-touristique, Catalogne.

1. INTRODUCTION

La région méditerranéenne est définie comme la principale région dans le monde entier pour la pratique du tourisme de soleil et de plage. En 2015, selon l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT, 2016), 291 millions de touristes internationaux ont choisi comme destination la Méditerranée (24,5% des parts du marché mondial) et les prévisions futures indiquent qu'environ 325 millions de touristes choisiront de voyager dans cette région en 2030, attirés par la mer, le soleil et les chaudes températures. Dans l'ensemble de cette région, les destinations du littoral catalan ont enregistré un taux élevé de fréquentation (16,4 millions de touristes internationaux en 2015) et une valorisation très positive. La capacité d'adaptation des ressources, l'introduction de critères de qualité dans la gestion des plages, la fourniture et la rénovation permanentes des installations, ainsi que l'intégration d'activités complémentaires de loisirs et de détente, confèrent une compétitivité exceptionnelle aux destinations de soleil et de plage de la côte catalane.

Le soleil et la plage représentent l'une des modalités touristiques les plus sensibles aux conditions météorologiques et au climat. Les éléments atmosphériques sont importants car ils constituent non seulement la matière première essentielle au développement de l'activité (figure 1), mais aussi les caractéristiques contribuant au plaisir et au confort des touristes, et les paramètres à prendre en compte pour leur sécurité (Besancenot, 1991; De Freitas, 2015; Gómez Martín, 2005; Perry, 1972). Les évaluations de la potentialité climatique pour la pratique du tourisme de soleil et de plage en Catalogne, basées sur différentes propositions méthodologiques, ont montré jusqu'à présent des résultats optimaux pour le développement de l'activité (Gómez Martín, 2003; 2006; Ruty and Scott, 2010).

Figure 1. Binôme climat et tourisme.
Source: Élaboration propre.



À ce stade, il est important de souligner que les aspects atmosphériques jouent un rôle pertinent dans le développement normal du tourisme de soleil et de plage, et contribuent à expliquer qu'au cours de ces dernières années, la problématique du changement climatique a été intégrée dans les analyses d'aptitude touristique de la ressource (Gómez Martín, 2017; Olcina, 2012). Selon le *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*, une augmentation des températures au cours des prochaines décennies, dans tous les horizons temporels et en toutes saisons, est prévue dans la région (Calbó *et al.*, 2016). Au niveau du littoral, l'augmentation se situe entre 0,6°C en hiver et 0,9°C en été pour l'horizon 2012-2021 (période de référence 1971-2000) et entre 1,2°C en hiver et au printemps, et 1,8°C en été, pour l'horizon 2031-2050. Pour 2012-2021, les précipitations accusent une baisse, avec des valeurs supérieures à -5% en toutes saisons, sauf en été (-1,9%). Au milieu du XXI^e siècle, ce déclin sera supérieur à -9% en toutes saisons, sauf en hiver (-6%) (Calbó *et al.*, 2016). Les changements climatiques prévus auront des impacts directs qui modifieront les caractéristiques et les aptitudes de la ressource pour la pratique du tourisme de soleil et de plage, ce qui pourrait affecter l'actuelle répartition temporelle et spatiale des flux touristiques (Fraguell *et al.*, 2016). À cela s'ajoutent les impacts indirects liés aux changements environnementaux induits, ainsi que les conséquences de l'application des différentes politiques d'atténuation qui visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les premiers auront un impact significatif sur la fonctionnalité des zones touristiques et sur la fragilité et l'attractivité des ressources touristiques, autres que la ressource climatique, incluant des aspects aussi importants que les variations de la disponibilité des ressources hydriques, la perte de biodiversité, les changements dans le paysage, l'augmentation des risques naturels ou l'érosion du littoral (Brotons *et al.*, 2013; Fraile i Fernández, 2016; March *et al.*, 2014). En ce qui concerne les conséquences de l'application des différentes politiques d'atténuation, il convient de noter que la hausse du prix de certains produits touristiques (due à l'augmentation des coûts du transport ou de l'hébergement, causés par l'application d'instruments réglementaires ou économiques d'atténuation) aura des répercussions sur la décision d'achat des touristes, qui pourraient aussi induire sur les actuels modèles de répartition de la demande.

Cette contribution présente les principaux impacts du changement climatique sur la potentialité de la ressource *climat* pour la pratique du tourisme de soleil et de plage en Catalogne (impacts directs). Pour cela, on analyse la répartition actuelle et future des ressources climatiques pour la pratique du tourisme de soleil et de plage, ainsi que son impact possible sur le calendrier d'occupation touristique des plages catalanes.

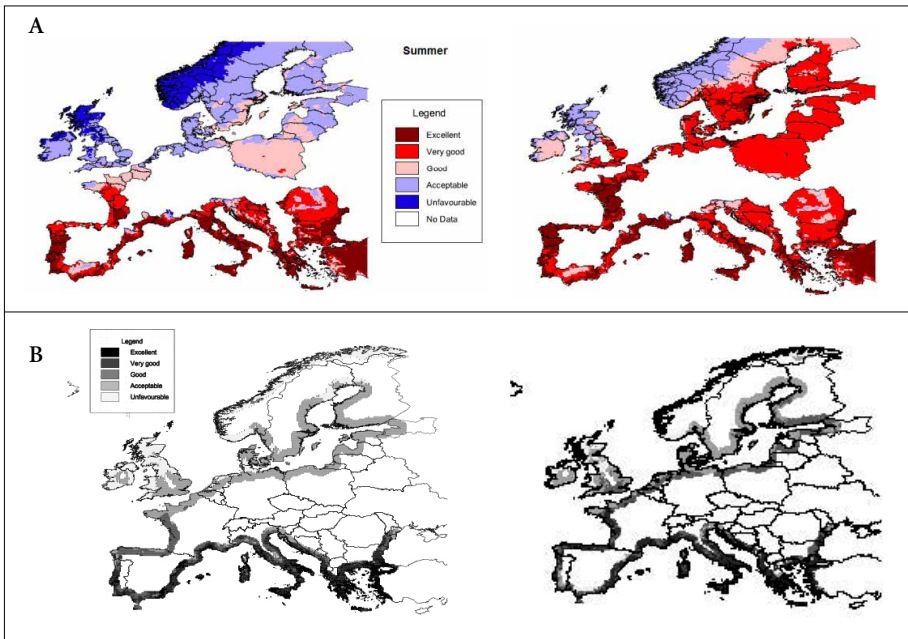
2. RÉPARTITION ACTUELLE ET FUTURE DES RESSOURCES CLIMATIQUES POUR LA PRATIQUE DU TOURISME DE SOLEIL ET DE PLAGE EN CATALOGNE

L'aptitude de l'environnement atmosphérique pour la pratique touristique peut être évaluée à partir du type de temps à vocation analytique en matière de tourisme (Besancenot, 1991; Gómez Martín, 2006; Martínez Ibarra, 2008) ou à partir d'indices clima-

tiques touristiques tels que, entre autres, le Beach Climate Index de Morgan (BCI) (Morgan, 1999; Morgan *et al.*, 2000) et le Coastal Tourism Climate Index (C-TCI) (Moreno *et al.* en évaluation), qui représente une adaptation de la proposition initiale du Tourism Climate Index (TCI) de Mieczkowski (Mieczkowski, 1985). Concernant ces derniers, les analyses de potentialité des climats pour la pratique du tourisme de soleil et de plage, réalisées sur la base des préférences du touriste¹, coïncident sur le fait que, pour des scénarios d'émissions modérés, sur le littoral catalan, les conditions atmosphériques resteront favorables dans le contexte régional.

Figure 2. A) C-TCI pendant l'été de la période de référence (à gauche) et C-TCI en 2080, selon le modèle HadCM3, et scénario A1F1 (à droite). B) BCI pendant l'été de la période de référence (à gauche) et BCI en 2060, selon le modèle HadCM3 et scénario A1 (à droite).

Source: Moreno et al., en évaluation; Moreno and Amelung, 2009.



Ainsi, la valeur du BCI, tout comme celle du C-TCI, décrit des conditions «excellentes» et «très bonnes» sur la côte catalane au cours des étés de la période historique de référence, de même sur toute la côte de la Méditerranée européenne et sur la côte atlantique comprise entre le détroit de Gibraltar et Nantes. La bordure nord du continent et les îles britanniques présentent des conditions «acceptables» qui deviennent

1 Référence aux conditions atmosphériques idéales pour le touriste, déterminées par consultation directe, généralement une enquête.

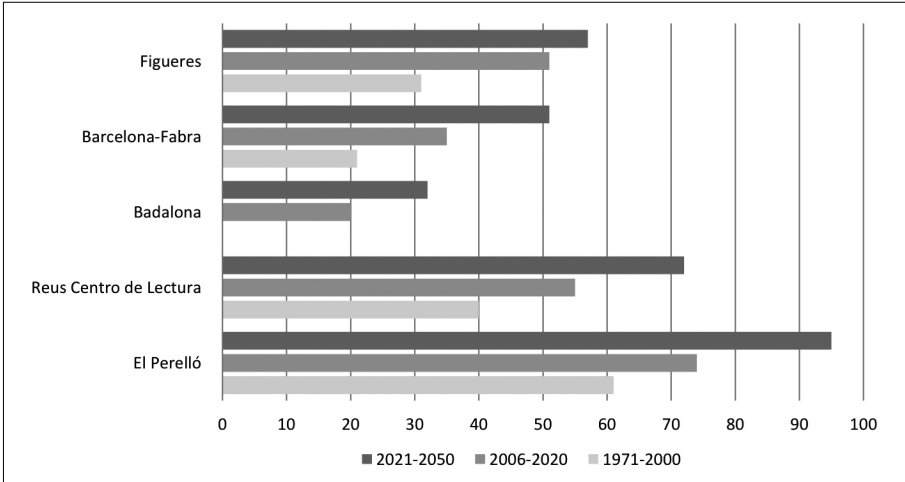
clairement «défavorables» aux extrémités les plus septentrionales (figure 2). Les projections futures pour le littoral catalan continuent de montrer des conditions optimales pour la pratique du tourisme de soleil et de plage, conditions que l'on retrouve également sur toute la côte méditerranéenne, même s'il est vrai que dans certaines zones, les conditions passent d'«excellentes» à «très bonnes», à cause des excès thermiques. Néanmoins, le changement majeur dans l'aptitude des climats, en ce qui concerne la pratique du tourisme de la modalité mentionnée, s'observe sur la côte atlantique du continent et au sud des îles britanniques qui acquièrent de très bonnes conditions pour le développement du tourisme de soleil et de plage (figure 2). Les côtes au nord de l'Europe occidentale, importants centres de tourisme côtier qui se sont façonnés comme des centres balnéaires à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, pourraient retrouver leur rôle de protagonistes dans ce scénario de changement et devenir des destinations concurrentes, au moins du point de vue atmosphérique.

Les projections de futur deviennent encore plus favorables lorsque le critère du comportement est intégré² dans les analyses d'aptitude de la ressource climatique, car les usagers des plages semblent admettre des valeurs plus extrêmes que celles indiquées dans l'analyse des préférences, notamment en ce qui concerne les températures. Selon le comportement manifesté par les touristes de soleil et de plage sur la côte méditerranéenne (Gómez Martín et Martínez Ibarra, 2012), les conditions atmosphériques les plus appropriées pour la pratique de l'activité et qui, par conséquent, garantissent une forte densité d'occupation, sont: une température maximale comprise entre 28,8 et 31°C, une PET (Physiological Equivalent Temperature) maximale comprise entre 34,5 et 38,8°C, un pourcentage de rayonnement solaire à 13h d'au moins 50%, une vitesse du vent à 13h inférieure à 8 m/s, —et maximum jusqu'à 10 m/s— et des précipitations inexistantes ou, tout au plus, inférieures à 1 mm/jour, ou ne dépassant pas les 60 minutes.

Les conditions atmosphériques affectent le comportement des touristes de soleil et de plage, et il a été vérifié que sur les côtes catalanes (Gómez Martín et Martínez Ibarra, 2012) le degré de densité d'occupation des plages varie principalement en fonction de la température maximale (confort) et accessoirement, en fonction du rayonnement solaire (aspect esthétique) et de la PET (confort). Compte tenu de ces observations, si l'on prend le seuil de 28,8°C qui garantit une occupation des plages à 100%, et qu'on l'applique à plusieurs séries de modèles de températures maximales journalières du littoral catalan dérivées du modèle BNU-ESM de la CMIP5, en accord avec le scénario RCP4.5 (périodes 2006-2020 et 2021-2050), on peut observer une future augmentation du nombre de jours optimaux pour la pratique de l'activité, avec une plus grande intensité sur la côte sud et avec des valeurs qui sont parfois le double par rapport à la période historique de référence (1971-2000) (figure 3) (Fraguell et al., 2016).

2 Comportement en réponse à des conditions atmosphériques idéales ou en réponse à des conditions acceptables. Dans ce dernier cas, sont mises en évidence l'existence de différents degrés de tolérance de la part des touristes par rapport aux préférences exprimées (conditions climatiques idéales), ainsi que leur capacité à s'adapter aux intempéries.

Figure 3. Nombre de jours avec des températures maximales moyennes égales ou supérieures à 28,83°C. Source: Élaboration propre.



Les résultats sont encore plus favorables si, sur les séries mentionnées, est appliqué le seuil relatif à la température maximale journalière la plus basse par densité d'occupation égale ou supérieure à 50% (18,7°C) (figure 4). En effet, si cette limite est utilisée pour définir la durée des calendriers d'aptitude (tableau 1), on observe non seulement la remarquable durée de la saison, mais aussi l'extension progressive du début et de la fin de la période estivale, ce qui pourrait garantir dans le futur —au moins du point de vue atmosphérique— le possible maintien de l'activité pendant une bonne partie de l'année (Fraguell *et al.*, 2016).

Figure 4. Nombre de jours avec des températures maximales moyennes égales ou supérieures à 18,7°C. Source: Élaboration propre.

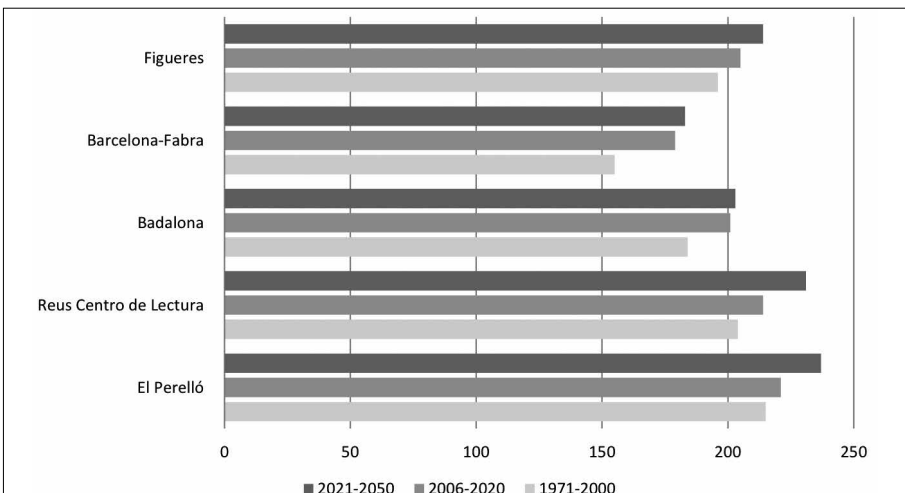


Tableau 1. Dates obtenues en appliquant divers seuils d'intérêt climatico-touristique sur différentes séries de températures maximales journalières dérivées du modèle BNU-ESM du CMIP5 (projet d'intercomparaison des modèles couplés), en accord avec le scénario RCP4.5 (Données quotidiennes et projections climatiques obtenues de l'AEMET, Agence espagnole de météorologie). *Source*: Élaboration propre.

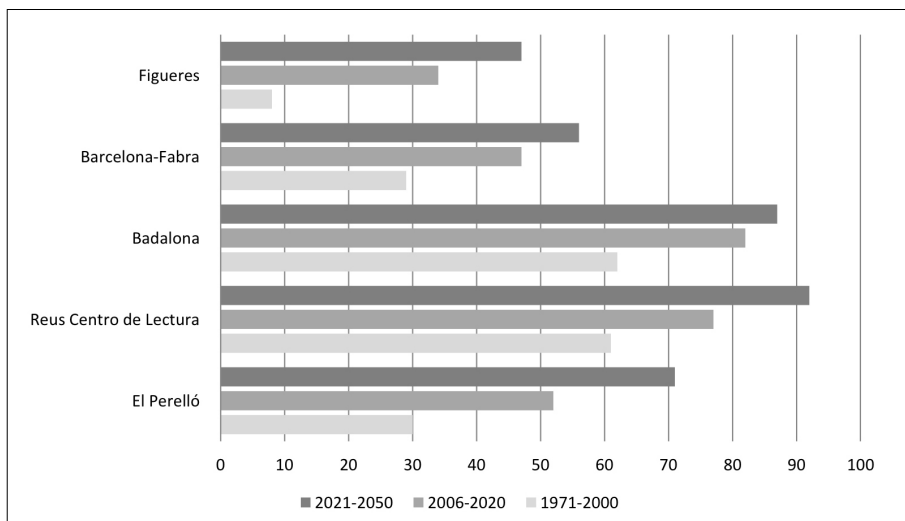
Période avec des températures maximales moyennes égales ou supérieures à 18,7°C			
		Début	Fin
Figueras (40 m)	1971-2000	22 avril	3 novembre
	2006-2020	15 avril	5 novembre
	2021-2050	14 avril	13 novembre
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	18 mai	19 octobre
	2006-2020	26 avril	20 octobre
	2021-2050	4 mai	2 novembre
Badalona (38 m)	1971-2000	6 mai	5 novembre
	2006-2020	19 avril	5 novembre
	2021-2050	1er mai	14 novembre
Centre de Lecture de Reus (138 m)	1971-2000	17 avril	6 novembre
	2006-2020	8 avril	7 novembre
	2021-2050	29 mars	14 novembre
El Perelló (142 m)	1971-2000	10 avril	10 novembre
	2006-2020	4 avril	10 novembre
	2021-2050	27 mars	18 novembre
Période avec des températures maximales moyennes égales ou supérieures à 28,83°C			
Figueras (40 m)	1971-2000	21 juillet	20 août
	2006-2020	15 juillet	3 septembre
	2021-2050	14 juillet	8 septembre
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	25 juillet	14 août
	2006-2020	21 juillet	24 août
	2021-2050	16 juillet	4 septembre
Badalona (38 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	1er août	20 août
	2021-2050	27 juillet	26 août
Centre de Lecture de Reus (138 m)	1971-2000	14 juillet	22 août
	2006-2020	12 juillet	4 septembre
	2021-2050	2 juillet	le 11 septembre

		Début	Fin
El Perelló (142 m)	1971-2000	3 juillet	1er septembre
	2006-2020	29 juin	10 septembre
	2021-2050	19 juin	21 septembre
Période avec des températures maximales moyennes supérieures ou égales à 33°C			
Figueras (40 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Barcelona-Fabra (412 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Badalona (38 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
Centre de Lecture de Reus (138 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	0	0
	2021-2050	0	0
El Perelló (142 m)	1971-2000	0	0
	2006-2020	31 juillet	11 août
	2021-2050	25 juillet	21 août

Afin de déterminer la perte possible de confort climatique provoquée par l'excès de chaleur pendant la journée, le seuil des 33°C (température moyenne de la peau nue) est à nouveau appliqué aux séries de températures maximales journalières. Cette valeur correspond au point où l'organisme, dans des conditions similaires —peau nue—, risque de ne pas pouvoir transmettre de chaleur sensible à l'environnement extérieur. Les résultats indiquent que l'extrême sud de la Catalogne est la seule zone où est enregistrée, par rapport à la période de référence, une perte de confort climatique due à l'excès de chaleur au milieu de l'été, d'une durée comprise entre 12 et 28 jours (tableau 1) (Fraguell *et al.*, 2016).

De même, afin de déterminer la possible perte de confort climatique pendant la nuit, le seuil des 20°C est appliqué aux séries de températures minimales journalières dérivées du modèle BNU-ESM du CMIP5, conformément au scénario RCP4.5 —périodes 2006-2020 et 2021-2050—. Les résultats indiquent une diminution, par rapport à la période de référence, du confort thermique durant les nuits d'été, de plus grande amplitude en comparaison avec la période diurne (figure 5) (Fraguell *et al.*, 2016).

Figure 5. Nombre de jours avec des températures minimales moyennes inférieures ou égales à 20°C (nuits tropicales). *Source*: Élaboration propre.



3. CALENDRIERS D'OCCUPATION RÉELLE ET POTENTIELLE DES PLAGES DE LA CÔTE CATALANE

L'application de certains de ces seuils, pour déterminer le degré d'utilisation des plages tout au long de l'année, peut permettre d'anticiper le calendrier des saisons touristiques et par conséquent, offrir et gérer correctement, au cours de ces périodes, les ressources touristiques de base, ainsi que la prestation de services et le déploiement de la sécurité, qui permettent aux touristes de profiter de la plage.

À l'heure actuelle, en Catalogne, bien que la douceur du climat méditerranéen permette aux usagers de profiter des plages pendant une grande partie de l'année, la fréquentation et l'occupation deviennent importantes à partir du printemps, et surtout pendant l'été. Voilà pourquoi, au cours de ces périodes, les organismes chargés de leur gestion (généralement les municipalités) sont soucieux d'équiper ces espaces de tous les services et installations assurant leur sécurité et leur plaisir. Ces services et installations sont activés en fonction des calendriers d'occupation, définis par l'Administration, établissant ainsi une différenciation entre haute saison et basse saison³.

³ Pendant la haute saison, sur les plages de la côte catalane, le service de nettoyage du sable, des douches, des poubelles, le service de surveillance et de sauvetage, l'entretien des installations sportives et des terrains de jeux, la location de patins, de planches de surf, de voiles et autres, la location de parasols et de chaises longues, l'ouverture de kiosques de nourriture et boissons, les points d'information et terrasses, la signalisation de la zone de baignade et des canaux de sortie et entrée des bateaux, etc... sont des activités maintenues quotidiennement.

Il est intéressant d'établir une comparaison entre les calendriers établis par les mairies et ceux qui proviendraient de cette analyse (tableau 1), dans le but d'analyser l'adéquation de la gestion des plages aux possibilités offertes par l'environnement atmosphérique. L'analyse réalisée pour la période historique de référence (1971-2000) montre que le calendrier d'exploitation potentielle des plages catalanes est plus étendu que le calendrier d'exploitation réelle: les services et équipements sont activés avec un certain retard au début de la saison et sont désactivés prématurément à la fin, curieusement lorsque la température de l'eau de mer est plus élevée et agréable. La plupart des destinations balnéaires analysées en Catalogne activent les services et installations de leurs plages lors de la deuxième ou troisième semaine de juin et les désactivent vers la troisième semaine de septembre, avec seulement 90 jours de haute saison, ce qui contraste avec les 155 à 237 jours indiqués par le seuil à 18,7°C. Cette situation fait que, pendant plusieurs jours, les usagers de la plage ne disposent pas entièrement des services et des installations, qui sont normalement activés durant la haute saison, ce qui provoque une insatisfaction qui, compte tenu d'un public international, pourrait entraîner des chutes du taux de fidélité touristique. C'est pourquoi, l'adaptation des calendriers de l'activité aussi bien pour le présent que dans le futur —et dans des scénarios favorables— doit être une priorité, afin d'adapter la gestion des plages aux caractéristiques de la destination et, de cette manière, contribuer à réduire le problème de saisonnalité que représentent les destinations côtières catalanes.

4. OBSERVATIONS FINALES

La répercussion significative qu'ont et auront les impacts climatiques directs sur les destinations met en évidence la nécessité de compter sur des évaluations adéquates de la potentialité de la ressource, soit pour adapter l'activité touristique aux nouveaux calendriers, soit pour développer dans les destinations de nouveaux produits touristiques qui permettraient de profiter des nouvelles aptitudes du climat. Ces actions sont essentielles pour établir les bases de la prise de décision en matière de désaisonnalisation et diversification touristique des destinations, facteurs clé de la compétitivité touristique, comme en témoigne le *Plan stratégique du tourisme de Catalogne 2013-2016*, et d'adaptation au changement climatique, tel qu'il apparaît dans la *Stratégie catalane d'adaptation aux changements climatiques (Horitzó 2012-2030)*.

BIBLIOGRAPHIE

- Besancenot, J.P. (1991). *Clima y turismo*. Paris: Masson.
- Brotons, L.; Aquilué, N.; De Cáceres, M.; Fortin, M.J.; Fall, A. (2013). «How fire history, fire suppression practices and climate change affect wildfire regimes in Mediterranean landscapes». *PLOS one*, 8(5), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062392>.

- Calbó Angrill, J.; Gonçalves Ageitos, M.; Barrera Escoda, A.; García-Serrano, J.; Doblas-Reyes, F.; Guemas, V.; Cunillera, J.; Altava Ortiz, V. (2016). «Projections climatiques et scénarios pour le futur». A: Martín Vide, J. (Coord.) *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC), 113-133.
- De Freitas, C.R. (2015). «Weather and place-based human behavior: recreational preferences and sensitivity». *International Journal of Biometeorology*, 59, 55-63. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0824-6>.
- Fraguell Sansbelló, R.M.; Gómez Martín, M.B.; Llundés Coit, J.C.; Martí Llambrich, C.; Ribas Palom, A.; Saurí Pujol, D. (2016). «Tourisme». A: Martín Vide, J. (Coord.) *Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne*. Barcelone: Institut d'Études Catalanes (IEC), 383-407.
- Fraile, P.; Fernandez, M. (2016). «Escenarios de subida del nivel medio del mar en los mareógrafos de las costas peninsulares de España en el año 2100». *Estudios Geográficos*, 77(280), 57-79.
- Gómez Martín, M.B. (2003). «Duración y características de la estación climático-turística estival en Cataluña». *Estudios Geográficos*, 64 (253), 623-653.
- Gómez Martín, M.B. (2005). «Weather, climate and tourism a geographical perspective». *Annals of Tourism Research*, 32(3), 571-591.
- Gómez-Martín, M.B. (2006). «Climate potential and tourist demand in Catalonia (Spain) during the summer season». *Climate Research*, 32(1), 75-87.
- Gómez Martín, M.B.; Martínez Ibarra, E. (2012). «Tourism demand and atmospheric parameters: Non-intrusive observation techniques». *Climate Research*, Vol. 51, 135-145. <https://doi.org/10.3354/cr01068>
- Gómez Martín, M.B. (2017). «Retos del turismo español ante el cambio climático». *Investigaciones geográficas*, 67, 31-47.
- March, H.; Saurí, D.; Olcina, J. (2014). «Rising temperatures and dwindling water supplies? Perception of climate change among residents of the Spanish Mediterranean tourist coastal areas». *Environmental management*, 53(1), 181-193. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0177-7>
- Martínez Ibarra, E. (2008). «Tipos de tiempo para el turismo de sol y playa en el litoral alicantino». *Estudios Geográficos*, 69 (264), 135-155.
- Mieczkowski, Z. (1985). «The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism». *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 29(3), 220-233.
- Moreno, A.; Amelung, B.; Gómez, M.B., Scott, D. (submitted). «Climate Suitability for Beach Tourism in Europe: A Reassessment of the Impacts of Climate Change». *Global Environmental Change*. Royaume-Uni: Pergamon - Elsevier Science LTD.
- Morgan, R. (1999). «A novel, user-based rating system for tourist beaches». *Tourism Management*, 20(4), 393-410.

- Morgan, R.; Gatell, E.; Junyent, R.; Micallef, A.; Özhan, E.; Williams, A. T. (2000): «An improved user-based beach climate index». *Journal of Coastal Conservation*, 6(1), 41-50.
- OMT (2016). *Panorama OMT del turismo internacional, 2016*. Madrid: Organisation Mondiale du Tourisme.
- Olcina, J. (2012). «Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse». *Investigaciones Turísticas*, 4, 1-34.
- Perry, A. (1993). «Climate and weather information for the package holiday-maker». *Weather*, 48(12), 410-414.
- Rutty, M.; Scott, D. (2010). «Will the Mediterranean become “too hot” for tourism? A reassessment». *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 7(3), 267-281. <https://doi.org/10.1080/1479053X.2010.502386>.

COMBIEN D'EAU POUR DEMAIN? IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU EN LANGUEDOC-ROUSSILLON

WOLFGANG LUDWIG^{1, 2}, FRANCK LESPINAS^{1, 2, 3}
I MAHREZ SADAOU^{1, 2}

¹ Université de Perpignan Via Domitia, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, 52 Avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan Cedex, France.

² CNRS, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, 52 Avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan cedex, France.

³ Adreça actual: IPSL – LSCE, CEA CNRS UVSQ UP Saclay, Centre d'Études Orme des Merisiers, 91191 Gif-sur-Yvette, France
ludwig@univ-perp.fr

Résumé

Un fort contraste entre de longues périodes de sécheresse et de courtes périodes de crue caractérise les fleuves côtiers en région méditerranéenne. Ainsi, dans un souci de préservation des ressources en eau et de prévention des risques de crues, la gestion de l'eau dans les bassins versants doit-elle s'appuyer sur des prospectives qui tiennent compte de l'évolution éventuelle des régimes hydro climatiques dans les années à venir. Au cours des dernières décennies déjà, le changement climatique a pu avoir un impact sur le fonctionnement hydrologique de ces fleuves; détecter et comprendre ces changements aideront alors à prédire le futur. Dans une approche de régionalisation du changement climatique, nous avons pu mettre en évidence la forte hausse de la température moyenne qui a affecté les bassins versants côtiers dans la région Languedoc-Roussillon au cours des 40 dernières années. Cette hausse semble liée à un renforcement de la circulation atmosphérique dans les zones de hautes pressions intertropicales et se manifeste avant tout pendant les saisons chaudes (printemps – été). L'évolution des précipitations n'a pas suivi de tendance particulière pendant cette période, mais on constate déjà une baisse significative des ressources en eau, mise en évidence par une diminution de l'écoulement des fleuves. Les bassins d'altitude pyrénéens ont sensiblement réagi par une baisse importante de leurs débits moyens. Ces bassins n'étant que faiblement affectés par les activités humaines, l'augmentation de la température paraît donc être à l'origine de cette évolution. Les bassins situés en aval de l'Orb et de l'Hérault montrent également une diminution significative de leurs débits moyens. Ici, une diminution du stock d'eau dans les réservoirs souterrains semble la cause de cette évolution, provoquée par la hausse des températures et/ou par une exploitation intensifiée des ressources par les activités humaines.

1. CLIMAT MÉDITERRANÉEN ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Klima en grec signifie « inclinaison ». Sur la Terre, l'inclinaison du rayonnement solaire augmente vers les hautes latitudes et le captage de son énergie diminue. Le changement de la température diversifie ainsi le climat en une zone tropicale, tempérée, boréale et polaire. D'autres attributs font appel à la répartition des précipitations et du pouvoir évaporant de l'atmosphère, séparant les climats humides des climats secs (ou arides). Et d'autres encore s'appuient sur la saisonnalité comme critère de distinction et font apparaître les types de climat océaniques, continentaux – et méditerranéens.

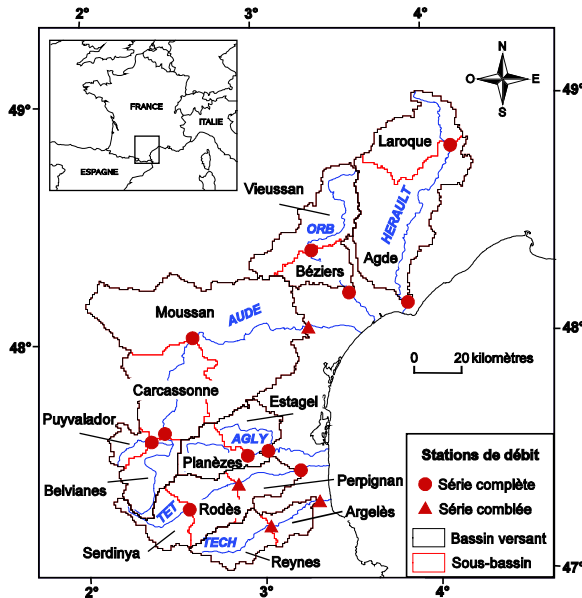
Selon la classification de Koppen (citée dans Trewartha, 1943), le climat méditerranéen est un climat doux des mi-latitudes, pour lequel le contraste entre l'abondance des précipitations en hiver et la sécheresse en été est très prononcée (« au moins trois fois plus de précipitations pendant le mois le plus humide en hiver que pendant le mois le plus sec en été »). Il ne se limite pas qu'au pourtour de la Mer Méditerranée, puisqu'on le retrouve également en Californie, au Chili, en Afrique du Sud et dans le sud et le sud-ouest de l'Australie. Sa forte saisonnalité est liée à sa position intermédiaire entre la zone aride des hautes pressions subtropicales et la zone humide des climats tempérés, riches en précipitations du fait de l'influence des masses d'air océaniques. En été, quand l'axe de rotation de la Terre se rapproche du soleil, la zone méditerranéenne se retrouve sous l'influence de hautes pressions subtropicales, tandis qu'en hiver, elle « remonte » vers les régions tempérées humides.

Une position de pivot entre deux zones climatiques majeures augmente la vulnérabilité face au changement climatique. C'est le cas de la transition entre les zones tempérées et boréales, et naturellement aussi du climat méditerranéen. Ici, les ressources en eau sont limitées, même si les précipitations dépassent généralement le pouvoir évaporant de l'atmosphère. Mais la forte saisonnalité des précipitations rend en effet leur exploitation difficile et le manque d'eau est endémique dans de nombreux pays de la Méditerranée.

2. RÉGIONALISATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE SW DE LA FRANCE

La majorité des modèles climatiques prédisent qu'en région méditerranéenne, le réchauffement de la planète sera accompagné par une diminution des précipitations (Giorgi and Lionello, 2007). Une réduction significative de la ressource en eau est donc à craindre. Dans une étude rétrospective (Lespinas et al., 2009), focalisée sur la période 1965-2004, les auteurs se sont ainsi intéressés à l'évolution de la ressource en eau superficielle dans la partie méditerranéenne de la France, quantifiable au travers du débit moyen des fleuves côtiers. Les bassins étudiés sont ceux du Tech, de la Têt, de l'Agly, de l'Aude, de l'Orb et de l'Hérault en région Languedoc-Roussillon. Les débits de ces fleuves sont jaugés à plusieurs endroits dans leurs bassins, permet-

Figure 1. Localisation des 15 bassins hydrologiques étudiés. Le choix des bassins repose sur la disponibilité des séries de débit relativement complètes.



tant ainsi la distinction d'un ensemble de 15 bassins hydrologiques pour lesquels les séries de mesures sont suffisamment longues (Fig. 1). Pour les bassins en aval, les débits sont déterminés par la différence des débits entre les stations à la sortie et à l'entrée. Du fait d'une variabilité importante du relief dans la région, les caractéristiques environnementales des bassins peuvent être très variables entre l'amont et l'aval (voir plus bas) ; regarder simplement le débit à l'embouchure d'un fleuve ne donne qu'une idée très moyenne des processus hydro-climatiques qui se produisent à l'intérieur de son bassin versant.

L'approche scientifique consiste alors à étudier les liens entre les débits des fleuves (Q) et les paramètres qui les contrôlent. Dans un bassin versant idéalisé, c'est-à-dire un bassin qui n'a pas d'autres apports ou pertes en eau, le bilan hydrique peut être établi selon l'équation suivante (toutes les unités en mm ; $1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2$):

$$Q = P - E - \Delta S \quad (i)$$

Q désigne ici l'ensemble des écoulements quittant le bassin, y compris les écoulements souterrains. Comme les derniers sont généralement faibles comparés à l'écoulement en surface (débit des fleuves), ils sont souvent négligés. P correspond aux précipitations et E aux eaux évaporées. Ce dernier paramètre est difficile à mesurer et souvent déterminé indirectement par différence entre P et Q . Il dépend naturellement beaucoup du pouvoir évaporant de l'atmosphère et donc de la température (T). ΔS

désigne finalement le changement des réserves d'eau internes dans le bassin versant (lacs, nappes superficielles, etc.). A long terme et dans un système stationnaire, ΔS s'approche de zéro. Lors du passage entre des périodes humides et sèches, en revanche, il peut jouer un rôle important dans les bilans hydriques.

La mise en relation de ces paramètres nécessite une quantification des paramètres climatiques pour les mêmes zones pour lesquelles les débits sont représentatifs – donc pour la totalité des bassins hydrologiques. Les données de P et de T, les seuls paramètres climatiques considérés dans cette étude, correspondent à des mesures ponctuelles et leur spatialisation à des échelles plus larges doit reposer sur la disponibilité d'un grand nombre de stations. Pour cette étude, un ensemble de 127 stations de P et 49 stations de T a pu être récupéré de la banque de données *Climatèque* de Météo - France. Ceci correspond en moyenne à environ une station pour tout les 100 km² pour les précipitations, et une pour tous les 250 km² pour les températures.

3. LES FLEUVES CÔTIERS — UN SYSTÈME COMPLEXE

La délimitation des 15 bassins hydrologiques étudiés a été effectuée à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG). Ces contours peuvent donc être utilisés pour déterminer les moyennes de P et de T, mais d'autres paramètres aussi, comme par exemple la morphologie, l'occupation des sols et/ ou la densité de la population, si ces paramètres sont disponibles dans des banques de données géo référencées. L'ensemble des informations acquises dans cette étude souligne bien la très grande hétérogénéité des bassins hydrologiques étudiés (voir Tab. 1 et 2). L'élévation moyenne des bassins s'échelonne de plus de 1700 m (« Sardinia ») à environ 230 m (« Béziers »); l'occupation des sols par une végétation naturelle peut varier d'environ 90 % (bassins en amont du Tech, de la Têt et de l'Aude) jusqu'à moins de 50 % (bassins les plus en aval de la Têt et de l'Aude). On remarque également que la condition qui caractérise les bassins hydrologiques idéaux (pas d'exportation ou d'importation de l'eau) n'est pas toujours respectée. Dans le bassin de « Perpignan », par exemple, les prélèvements d'eau pour l'irrigation sont si importants qu'ils dépassent la formation de l'écoulement naturel – le débit spécifique de ce bassin est donc négatif.

Il faut alors faire attention à la représentativité des bassins étudiés car ils peuvent être fortement modifiés par les activités humaines. Mais aussi leur fonctionnement naturel peut être variable, en fonction de leur position et orientation dans la zone d'étude. Ceci est particulièrement visible lorsqu'on regarde le régime des précipitations. Rien qu'au niveau de la saisonnalité des pluies (Fig. 2 et Tab. 2), on remarque des grandes différences. Le rapport entre le mois le plus humide et le mois le plus sec diminue généralement du nord au sud et augmente de l'amont vers l'aval. Des valeurs de > 4.5 sont typiques pour les bassins de l'Hérault et de l'Orb, mais elles tombent à < 2 pour les bassins amont des fleuves du sud-ouest (Tech, Têt et Aude). Dans le pre-

Tableau 1. Caractéristiques des bassins hydrologiques étudiés: morphologie et occupation du sol.

Fluve	Bassin	Périmètre (km)	Surface (km ²)	Élévation (m)	Pente (°)	Végétation naturelle (%)	Surfaces agricoles (%)	Surfaces urbaines (%)	Densité de la population (hab/km ²)
Herault	Laroque	184	837	612	5.3	84	15	0.5	24
Herault	Agde	320	1740	238	2.8	55	44	1.3	58
Orb	Vieussan	220	891	531	5.5	82	16	1.1	29
Orb	Beziers	132	432	233	3.0	58	41	1.0	48
Aude	Puyvalador	96	201	1101	5.9	75	24	0.3	8
Aude	Belvianes	138	533	1412	9.1	87	12	0.5	7
Aude	Carcassonne	191	1143	406	3.7	53	47	0.9	75
Aude	Moussan	405	3079	271	2.4	41	58	1.0	40
Agly	Planezes	115	433	657	6.4	82	18	0.6	7
Agly	Estagel	142	472	346	4.9	67	33	0.5	20
Tet	Serdinya	148	418	1729	10.8	93	6	0.4	6
Tet	Rodes	144	546	1070	10.0	89	10	0.5	31
Tet	Perpignan	132	393	276	3.0	44	52	4.4	417
Tech	Reynes	130	480	1009	9.4	92	7	0.8	23
Tech	Argeles	103	250	265	4.3	54	44	2.3	108

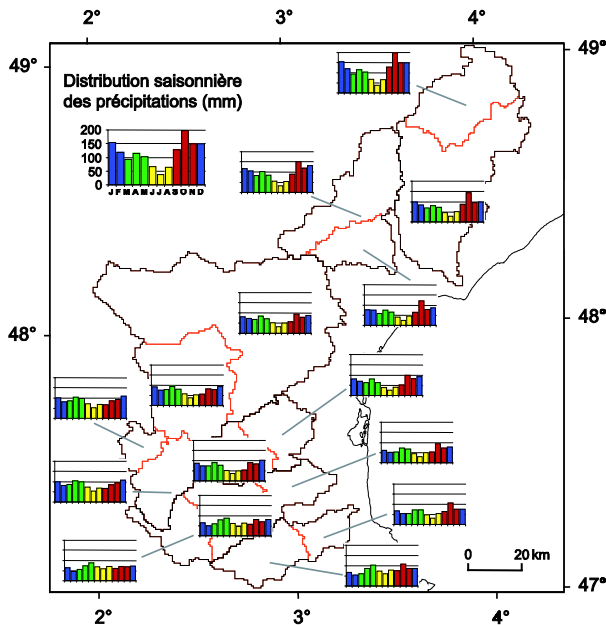
Les données ont été extraites de différentes banques de données et moyennées pour les bassins hydrologiques à l'aide du logiciel ArcGIS. Pour plus d'information sur l'origine des données, voir Lespinas et al. (2009)

Tableau 2. Caractéristiques des bassins hydrologiques étudiés: données climatiques et hydrologiques.

Fleuve	Bassin	T _{noy-ann.} [°C]	T _{max} -T _{min} [°C] (a)	P _{moy-ann.} [mm]	P _{max} /P _{min} (a)	Q-net [mm] (b)	Q-net/ P (a)	Q _{max} -Q _{min} (e)	F-index [%] (c)	M-index (d)	Q _{extract} [mm] (e)	Karst [%] (f)	Q _{soil} [mm] (g)
Hérault	Laroue	10.9	15.9	1377	5.2	778	0.55	106	14.6	66	1	56	291
Hérault	Agde	13.4	16.0	950	5.2	384	0.40	54	14.4	41	2	36	313
Orb	Vieussan	11.6	15.6	1121	4.7	809	0.71	89	13.8	52	1	16	302
Orb	Béziers	13.5	15.8	811	4.9	305	0.38	57	14.8	35	39	-	356
Aude	Puyvalador	8.7	14.5	1016	2.0	445	0.44	73	10.9	55	-	92	318
Aude	Belvianes	7.1	14.1	875	1.7	625	0.69	61	10.9	51	-	16	253
Aude	Carcassonne	12.4	15.4	877	2.5	223	0.24	34	11.5	39	5	3	319
Aude	Moussan	13.1	15.6	822	3.0	219	0.26	51	11.8	36	5	-	327
Agly	Planèzes	11.5	14.9	864	2.8	340	0.38	40	12.7	40	-	51*	232
Agly	Estagel	13.3	15.2	788	3.8	121	0.13	24	14.6	34	-	45*	251
Têt	Serdinya	5.7	13.7	801	1.9	414	0.51	45	11.3	51	-	-	278
Têt	Rodès	9.3	14.2	801	1.8	353	0.44	47	13.0	42	82	-	275
Têt	Perpignan	13.9	15.0	727	3.2	-51	-0.13	15	15.7	30	218	-	271
Tech	Reynes	9.8	14.1	937	2.0	521	0.54	49	13.7	47	28	-	304
Tech	Argelès	14.1	14.8	765	3.5	274	0.31	56	15.9	32	70	-	265

Tous les paramètres climatiques ont été déterminés sur la base des données de cette étude (voir texte et Lespinas et al. (2009) pour la source des données supplémentaires) et se réfèrent à la période 1965-2004 (à l'exception de (e) - (f), voir plus loin). Explications : (a) calculé sur la base des valeurs moyennes mensuelles ; (b) Q-net correspond à la différence de débit entre deux stations de jaugeage, divisée par la superficie du bassin hydrologique entre les deux ; (c) Index de Fournier modifié (somme des rapports $(P_{\text{mois}}^2/P_{\text{annuel}})$ pour les 12 mois de l'année), exprimé en pourcentage des précipitations annuelles ; (d) index d'aridité de Martonne (sans unité) ; (e) extractions anthropique de l'eau pour l'irrigation (moyenne de 2004 uniquement) ; (f) pourcentage des formations avec karst dans le bassin (* = mélange avec d'autres formations sédimentaires) ; (g) estimation moyenne pour la capacité au champ dans les sols (eau disponible à l'évapotranspiration).

Figure 2. Saisonnalité des pluies dans les bassins hydrologiques étudiés. Les valeurs mensuelles représentent la moyenne des années 1965-2004 ; elles ont été groupées par couleur en fonction des saisons (hiver = bleu, printemps = vert, été = jaune, automne = marron).



mier groupe, les précipitations sont surtout abondantes en octobre, avec un deuxième maximum en décembre/ janvier. Dans le deuxième groupe, elles dominent au printemps ou elles peuvent même dépasser les fortes valeurs de l'hiver. On constate alors que, selon la définition du climat méditerranéen mentionnée plus haut ($P_{\text{max}}/P_{\text{min}} > 3$), seuls 8 des 15 bassins hydrologiques peuvent être considérés comme des bassins méditerranéens proprement dit.

Une autre façon de caractériser les précipitations consiste à identifier l'origine des masses d'air qui apportent la pluie. Cette caractérisation est possible par l'analyse des corrélations entre les précipitations et certains indices de pression atmosphérique. L'indice NAO (« North Atlantic Oscillation ») fait partie des indices les plus connus. Il représente la différence de pression normalisée entre l'anticyclone des Açores et la dépression centrée sur l'Islande (Hurrell, 1995) et caractérise d'une certaine manière l'orientation générale des vents d'ouest, en provenance de l'Atlantique du Nord et riches en humidité, vers le nord (NAO positive) ou vers le sud (NAO négative). Dans ce dernier cas, leur humidité atteint la région méditerranéenne et les précipitations sont plus abondantes. Les bassins étudiés montrent presque tous des anti-corrélations significatives entre l'indice NAO et les précipitations pour les mois de mars et de septembre (Fig. 3A), correspondant aux périodes de basculement entre l'influence des zones climatiques tempérées et subtropicales (voir plus haut). En été, sous la domi-

nance des hautes pressions subtropicales, les anti-corrélations sont absentes, mais elles apparaissent fréquemment en hiver, quand la région est de nouveau alimentée par les masses d'air océaniques. L'influence du NAO est surtout marquée pour les bassins du nord (ceux de l'Orb et de l'Hérault), où les anti-corrélations persistent pendant quasiment tout l'hiver.

La Méditerranée est une autre source d'humidité pour les pluies. L'origine des masses d'air méditerranéennes peut être caractérisée par l'indice WeMO (« Western Méditerranéen Oscillation »), basé sur les différences de pression normalisées entre San Fernando en Espagne et Padua en Italie (Martin-Vide et López-Bustins, 2006). Des phases négatives de cet indice sont généralement associées à des vents humides provenant de la mer vers les côtes espagnoles et françaises. Ces vents sont surtout responsables des fortes pluies automnales, caractéristiques du climat méditerranéen, et qui sont en général à l'origine de crues éclair (« pluies cévenoles »). Par conséquent, l'analyse de corrélations entre WeMO et les précipitations (Fig. 3B) dans les bassins étudiés montre bien des anti-corrélations significatives pour les mois d'automne, surtout dans les bassins à fort caractère méditerranéen (donc les bassins de l'Orb, de l'Hérault et les bassins aval du Tech, de la Têt et de l'Agly).

4. COMMENT DÉTECTER QUE LE CLIMAT CHANGE ?

Un problème important dans la recherche sur le changement climatique est la distinction entre la variabilité temporelle qui existe naturellement dans les systèmes étudiés, et les changements durables qui se sont installés au cours du temps. Dans le nord de la Méditerranée, les débits des grands fleuves (Rhône, Po, Danube) montrent une certaine cyclicité entre périodes humides et sèches, avec une fréquence de 20 ans environ (Ludwig et al., 2003 ; 2009). Ceci est bien inférieur aux 40 ans qui sont étudiés dans ce travail. Lorsqu'on observe alors des changements sur une période si importante, ils peuvent être assimilés à un changement durable. La détection de ces changements, en revanche, doit reposer sur une procédure statistique objective. Le test de « Mann et Kendall » (Kendall, 1975) est un des meilleurs outils pour la détection de tendances, formant ainsi la base de l'identification des changements dans cette étude. Ce test compare une observation donnée avec toutes les observations qui ont été faites auparavant et attribue ainsi une probabilité à l'hypothèse que l'ensemble des observations a évolué au cours du temps. Si cette probabilité est suffisamment grande (en général supérieure à 90 %, 95 % ou 99 %), on peut ensuite déterminer l'ampleur des changements en calculant la pente de la droite de régression entre les observations et le temps.

Un autre problème est lié à l'homogénéité des séries d'observations. Normalement toutes les mesures doivent être faites avec les mêmes outils et correspondent aux mêmes lieux d'observation. Dans le suivi de données climatiques, cette condition n'est pas toujours respectée car il est possible que les appareils de mesure aient été remplacés

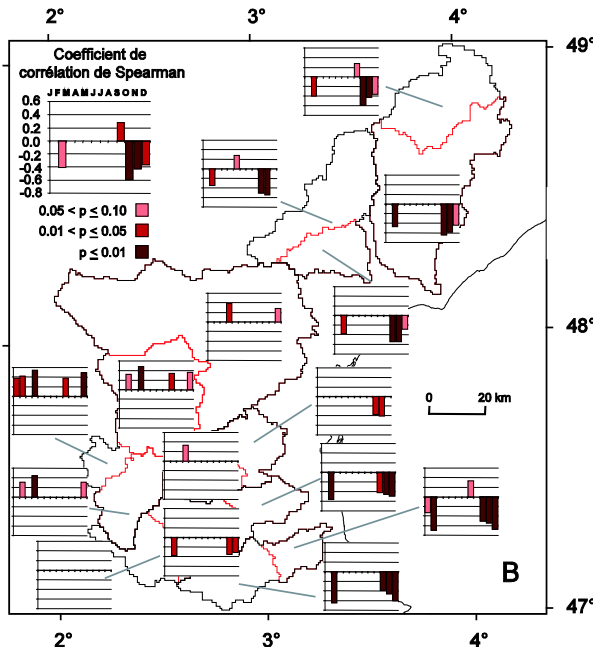
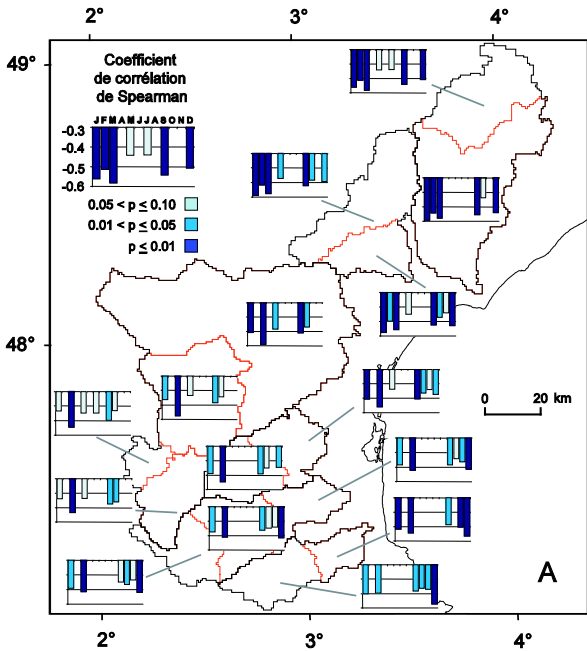


Figure 3. Origine des pluies dans les bassins étudiés. La corrélation entre les précipitations mensuelles et certains indices de pression atmosphérique permet l'identification de l'origine des masses d'air apportant la pluie. Une corrélation négative avec l'indice NAO (partie A) indique une origine océanique ; elle se remarque surtout en hiver dans les bassins du nord. Une corrélation négative avec l'indice WeMO (partie B) est typique pour une origine méditerranéenne et les masses d'air se remarque fréquemment en automne dans les bassins à proximité de la côte (pour plus d'explications, voir le texte). Les couleurs de plus en plus foncées marquent des corrélations de plus en plus significatives.

ou déplace suite à un problème de logistique. Ces changements techniques peuvent introduire des erreurs systématiques, sans que les conditions climatiques aient évoluées. Une deuxième famille de tests statistiques est donc nécessaire pour détecter les ruptures artificielles dans les séries d'observation. Si les dates de ces ruptures coïncident avec des modifications techniques documentées, les séries doivent être retirées de l'ensemble des données considérées.

Finalement, les lacunes dans les séries d'observations posent aussi problème. Il n'est pas rare qu'à certaines dates, les mesures n'ont pu se faire pour des raisons diverses, mais si le nombre des lacunes est faible par rapport au reste des données acquises, il est regrettable de rejeter pour autant la série dans son ensemble. On peut donc faire appel à une méthode de comblement des lacunes, s'appuyant sur une analyse en composantes principales des séries d'observations. Cette méthode identifie le degré de corrélation avec ces stations voisines et propose une valeur estimée en fonction de la nature des relations identifiées.

5. ÉVOLUTION DU CLIMAT AU COURS DES DERNIÈRES DÉCENNIES

La Figure 4 résume pour les années 1965-2004 l'évolution de la température dans l'ensemble de la zone d'étude, ainsi que celle des précipitations annuelles. On remarque bien la hausse de la température qui démarre dans la deuxième moitié des années 1970, après une légère tendance à la baisse durant les années précédentes. Cette évolution est en bon accord avec la tendance générale des températures à l'échelle de la planète (Trenberth et al., 2007). Le réchauffement existe dans l'ensemble des bassins étudiés et correspond en moyenne à une augmentation de la température d'environ 1.5 °C pour les 40 années d'observations.

La répartition saisonnière du réchauffement dans les bassins étudiés est particulièrement intéressante. Elle est très inégale et ne concerne pas tous les mois de la même façon (voir Fig. 5) ; l'augmentation de la température se manifeste surtout au printemps et en été, mais beaucoup moins en hiver. En automne, elle est même inexistante. Les deux mois qui ont enregistré la plus forte hausse de T sont les mois de mars et d'août, avec une moyenne de presque 3 °C/40 ans. Ils marquent à peu près le basculement entre le régime climatique humide (automne et hiver), caractérisé par une atmosphère beaucoup plus dynamique, et le régime stable des hautes pressions subtropicales (printemps et été). Ce dernier est donc essentiellement responsable du réchauffement dans la région. Ce constat confirme d'ailleurs le résultat d'autres auteurs (IPCC, 2013) qui ont pu démontrer une intensification spatio-temporelle de la dite « cellule de circulation de Hadley », responsable des conditions de hautes pressions estivales dans le sud de la France.

L'évolution des précipitations ne montre pas de tendances nettes. Ceci est le cas pour les pluies dans l'ensemble des bassins étudiés (Fig. 4), ainsi que pour les évolutions individuelles dans chaque bassin. Seuls dans les bassins du nord (« Laroque », « Agde » et « Vieussan ») en hiver (janvier et février), on remarque une tendance à la baisse

Figure 4. Evolution de la température et des précipitations dans la zone d'étude. Les valeurs représentent les moyennes annuelles et correspondent à l'ensemble des surfaces étudiées.

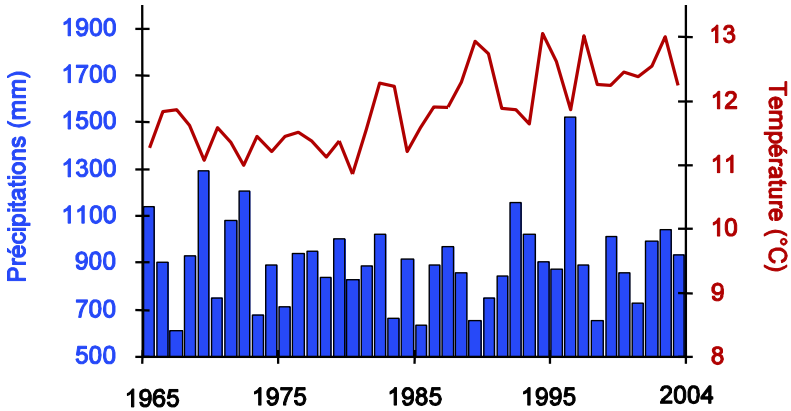
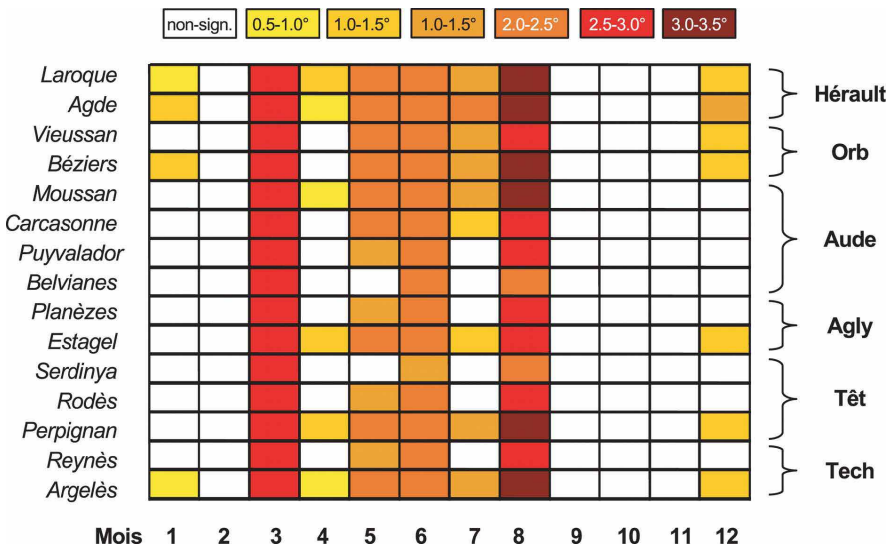


Figure 5. «Carte d'identité» du réchauffement dans les bassins des fleuves côtiers étudiés. Les couleurs indiquent l'augmentation de la température moyenne entre 1965 et 2004 (blanc: pas de tendances). La région se réchauffe surtout au printemps et en été, avec les plus fortes valeurs pendant les mois de transition (mars et août).



qui est significative. La pluviométrie hivernale est ici très importante et clairement connectée avec l'indice de pression atmosphérique NAO qui évoluait en hiver vers des phases positives de plus en plus marquées (surtout février).

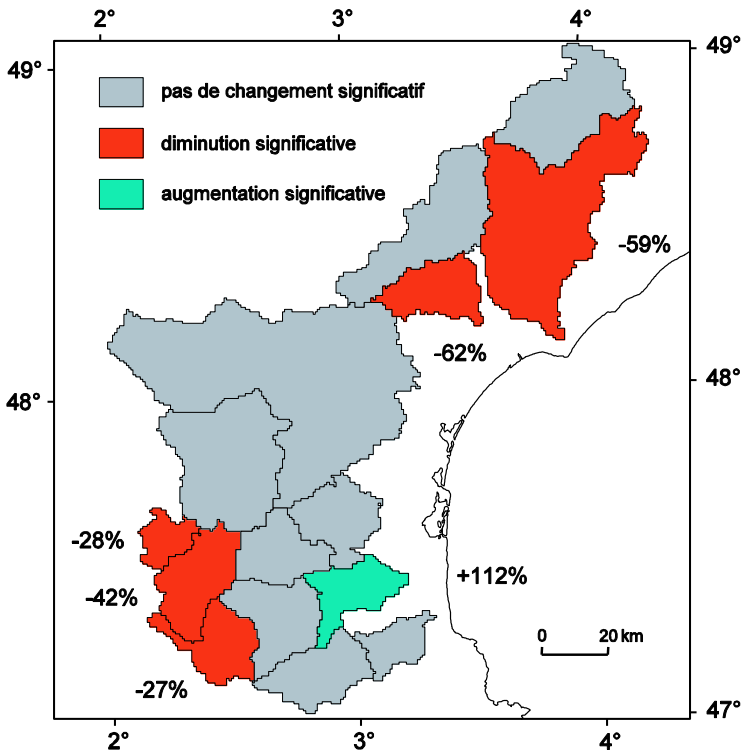
6. LES RESSOURCES EN EAU — OÙ SE TROUVENT LES ZONES VULNÉRABLES?

L'évolution des débits dans la zone d'étude est caractérisée par une tendance générale à la baisse. Au niveau des débits moyen annuels, 5 bassins hydrologiques montrent des réductions significatives entre 1965 et 2004 (Fig. 6): « Serdinya », « Puyvalador », « Belvianes », « Beziers » et « Adge ». Les trois premiers occupent la partie sud-ouest de la zone d'étude et correspondent tous à des bassins d'altitude. Les deux derniers sont proches l'un de l'autre aussi, mais se trouvent plus au nord dans la partie aval des bassins versants de l'Orb et de l'Hérault. Leur élévation moyenne est donc faible. Le seul bassin avec une tendance à la hausse du débit est celui de « Perpignan » dans le sud-est ; rappelons ici qu'il s'agit du bassin qui subit les plus fortes extractions de l'eau pour l'agriculture et son débit spécifique est même négatif.

Lorsqu'on cumule les changements dans ces 6 bassins seulement (la plupart des autres bassins montrent aussi des diminutions, mais les tendances sont statistiquement moins significatives), on obtient une réduction d'environ 20 % pour la totalité des écoulements dans la zone d'étude, et donc des ressources en eau. Cette valeur est importante et pose la question de l'origine de cette réduction. En suivant l'équation (i), trois facteurs peuvent alors provoquer une diminution de l'écoulement (Q): une baisse des précipitations (P), une augmentation de l'évaporation (E), et/ où une réduction des réservoirs internes dans les bassins (ΔS). Dans la mesure où les précipitations n'ont pas véritablement évolué (voir plus haut), les deux autres facteurs sont donc à mettre en cause. S'ajoute bien évidemment à cela la possibilité d'une exploitation intensifiée des ressources en eaux par les activités humaines.

Pour le premier groupe, celui des bassins d'altitude, il est fort probable qu'une augmentation de l'évaporation, directement liée à la hausse des températures, soit à l'origine de la baisse des débits. Les réservoirs internes, en particulier les nappes, sont peu développées dans les régions élevées et les exploitations anthropiques sont faibles. Des températures plus chaudes peuvent prolonger l'adurée de la phase active de la végétation, qui est responsable de la majorité des eaux évaporées. La très forte augmentation de la température en mars s'accorde avec cette hypothèse. L'autre phénomène, également contrôlé par la température, est lié à la neige. Sous cette forme, l'eau est quasi indisponible pour l'évaporation ; en revanche, si le réchauffement diminue la quantité de neige, un volume plus important d'eau tombe sous forme de pluie et devient donc disponible à l'évaporation. Le fait que la majorité des bassins d'altitude sur le versant sud des Pyrénées montrent également de tendances vers une baisse des débits (López-Moreno et al., 2008) est en parfait accord avec cette explication.

Figure 6. Evolution des ressources en eau dans la zone d'étude. Les valeurs représentent les changements de débit dans les bassins hydrologiques, en pourcentage du débit moyen. Seuls des changements significatifs sont représentés. Pour plus d'explications, voir texte.



Pour le deuxième groupe, celui des bassins dans le nord, la situation est plus complexe. Il semble ici que les réservoirs internes jouent un rôle beaucoup plus important. Contrairement à la partie montagneuse, les sols et nappes sont bien développés dans les plaines alluviales en aval et les échanges d'eau avec les fleuves peuvent être importants. Lorsqu'on réduit l'alimentation de ces réservoirs par infiltration, une diminution des débits peut être la conséquence. Il est possible que l'augmentation du pouvoir évaporant de l'atmosphère par la hausse de températures réduise l'infiltration de l'eau en profondeur et baisse ainsi le niveau des réservoirs souterrains. Aussi une surexploitation des nappes par l'homme peut être à l'origine de cette baisse, même s'il faut constater que les prélèvements anthropiques sont bien inférieurs au manque d'eau dans les fleuves.

Dans une évolution généralisée vers la diminution des débits, le bassin de « Perpignan » qui montre une tendance significative vers l'augmentation peut donc surprendre. Ce bassin a subi la construction d'un barrage majeur pendant la période d'étude en 1976 et il est probable que la tendance à l'augmentation montre simplement que l'exploitation

de l'eau se fait d'une manière de plus en plus économique. De nombreux efforts ont été entrepris dans le bassin versant de la Têt pour réduire la consommation de l'eau pour l'irrigation, et l'existence du barrage a du permettre une gestion de l'eau plus adaptée.

7. QUELLE ÉVOLUTION POUR LES ANNÉES À VENIR?

Afin de produire des scénarios sur l'évolution future, les auteurs se sont lancés dans une deuxième étude qui fait appel à la modélisation (Lespinas et al., 2014). Une telle approche nécessite le couplage de modèles hydrologiques, calibrés sur le contexte local, avec des modèles de circulation atmosphérique à grande échelle. Les résultats montrent que la ressource diminuera encore et pourrait même atteindre le seuil critique. Mais les incertitudes demeurent grandes, principalement en raison de la limitation des modèles à produire des calculs à haute résolution spatiale, pourtant nécessaires à une reproduction fidèle de la complexité du pourtour méditerranéen. L'affichage d'une valeur précise pour les décennies à venir demeure ainsi délicat. Néanmoins, même si les chiffres sont à prendre avec précaution, il est fort probable que la diminution de la ressource continuera encore. Tous les modèles climatiques s'accordent sur le fait que l'accentuation de la sécheresse estivale - telle qu'elle a pu être constatée pour le passé récent - représente précisément la trajectoire climatique de la région étudiée dans les années à venir. Et l'actualisation des statistiques sur les débits des fleuves étudiés jusqu'à l'année 2017 (Sadaoui et al., en préparation) ne laisse que peu d'espoir. La prolongation de 13 ans des séries d'observation fait apparaître des tendances négatives et hautement significatives pour l'ensemble des fleuves côtiers étudiés. La diminution de la ressource en eau, estimée à -20 % pour la période 1965-2004, s'élève maintenant à environ -40 % pour la période 1965-2017.

BIBLIOGRAPHIE

- GIORGI, F., LIONELLO, P., 2007. *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global Planet. Change 63, 90-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.glopa-cha.2007.09.005>.
- HURRELL JW (1995) *Decadal trends in the North Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation*. Science 269: 676-679.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1.535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

- KENDALL MG (eds), 1975. *Rank Correlation Measures*. Charles Griffin, London.
- LESPINAS, F., LUDWIG, W., and HEUSSNER, S. (2009) *Impacts of recent climate change on the hydrology of coastal Mediterranean rivers in southern France: case of the Languedoc-Roussillon area (Gulf of Lions)*. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-009-9668-1.
- LESPINAS, F., LUDWIG, W., and HEUSSNER, S (2014) *Hydrological and climatic uncertainties associated with modeling the impact of climate change on water resources of small Mediterranean coastal rivers*. Journal of Hydrology 511 (2014) 403–422.
- LÓPEZ-MORENO JI, BENISTON M, GARCÍA-RUIZ JM (2008) *Environmental change and water management in the Pyrenees: facts and future perspectives for Mediterranean mountains*. Glob Planet Change 61:300–312
- LUDWIG, W., MEYBECK, M., and ABOUSAMRA, F. (2003) *Riverine transport of water, sediments, and pollutants to the Mediterranean Sea*. UNEP MAP Technical report Series 141, UNEP/ MAP Athens, 111 pp.
- LUDWIG, W., DUMONT, E., MEYBECK, M., and HEUSSNER, S. (2009) *River discharges of water and nutrients to the Mediterranean Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades?* Progress In Oceanography, 80, 199-217.
- MARTIN-VIDE J, LÓPEZ-BUSTINS JA (2006) *The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Iberian Peninsula*. Int J Clim 26:1455-1475.
- TRENBERTH, K.E., P.D. JONES, P. AMBENJE, R. BOJARIU, D. EASTERLING, A. KLEIN TANK, D. PARKER, F. RAHIMZADEH, J.A. RENWICK, M. RUSTICUCCI, B. SODEN and P. ZHAI, 2007: «Observations: Surface and Atmospheric Climate Change». In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- TREWARTHA, GT (1943) «Koppen's classification of climates». In Mc Graw M (ed.) *An introduction to weather and climate*, New York.

LES STRATÉGIES DU SECTEUR DU TOURISME DANS L'APPROVISIONNEMENT ET L'ÉCONOMIE D'EAU FACE AUX DÉFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ANNA RIBAS PALOM

Département de géographie et Institut de l'environnement
Université de Girona
anna.ribas@udg.edu

Résumé

La baisse de la disponibilité de l'eau constitue l'un des principaux effets du changement climatique en Méditerranée. Le tourisme, une des activités économiques qui a connu un essor considérable ces dernières années, est particulièrement susceptible d'être touché par ce phénomène à partir du moment où les touristes ont besoin d'eau en quantité et qualité suffisantes afin de répondre à leurs besoins fondamentaux et de pratiquer des activités liées aux domaines du sport, des loisirs et de la santé. Cette étude identifie et analyse les stratégies menées par le secteur du tourisme catalan, en particulier celui de la Costa Brava, en ce qui concerne l'approvisionnement en eau et l'application de mesures d'économie d'eau, tout en s'intéressant aux incitations et aux obstacles que ce secteur rencontre afin de poursuivre la mise en œuvre de nouvelles mesures d'économie d'eau. La dépendance croissante de sources extérieures d'approvisionnement, la baisse de la consommation d'eau par habitant et le fait que les mesures d'économie d'eau de base, c'est-à-dire celles à faible coût et à faible complexité technique, soient les plus courantes, en seraient les principaux résultats.

Mots-clés

Tourisme, gestion de l'eau, consommation d'eau, mesures d'économie d'eau, Costa Brava.

1. INTRODUCTION

Assurer la disponibilité de l'eau, aussi bien en quantité qu'en qualité, est devenu essentiel pour le secteur du tourisme. Les touristes ont besoin d'eau non seulement afin de répondre à leurs besoins fondamentaux, mais aussi afin de pratiquer des activités liées aux domaines du sport, des loisirs et de la santé (Gössling et al., 2012). Tant et si bien que les restrictions ou la mauvaise qualité de l'eau peuvent nuire à l'image des destinations (Hall et Murphy, 2010; Rico-Amoros et al., 2013), comme cela est arrivé à Benidorm suite à la sécheresse que la ville a connue en 1977 et 1978 (Sauri et al., 2013) ou, plus récemment, à Majorque, en raison d'une forte sécheresse lors de l'été 2000 (Kent *et al.*, 2002).

Bien que les effets du changement climatique sur la disponibilité de l'eau soient complexes et aient différentes répercussions, tout indique que sur la côte méditerranéenne l'interaction des facteurs de l'offre et de la demande en eau est susceptible d'empêcher d'assurer complètement la totalité des ressources disponibles ou de rendre l'accès à celles-ci plus difficile et coûteuse. Du point de vue de la disponibilité des ressources, les prévisions indiquent une réduction des précipitations, particulièrement en été et en automne. Par conséquent, il est fort probable que les principales sources d'approvisionnement en eau conventionnelles de la côte disposeront d'une moindre quantité d'eau. Du point de vue de la demande, les principaux effets du changement climatique sur l'augmentation de la consommation d'eau par un secteur touristique en plein essor débouchera sur une plus forte demande en eau pour l'hygiène personnelle, l'arrosage de jardins et d'espaces verts, une plus importante utilisation des installations telles que les piscines et les parcs aquatiques, ou la consommation directe. De plus, il convient de souligner que cette augmentation de la demande en eau peut être étendue à des saisons telles que le printemps et l'automne. Cependant, le modèle urbain dispersé dominant au cours des dernières années dans la plupart de ces zones touristiques favorise une plus grande consommation d'eau (plus d'espaces verts, de piscines). Il est donc fort probable que cette plus faible disponibilité en eau entraîne une intensification des tensions et des conflits entre le secteur du tourisme et d'autres usagers de l'eau au moment d'attribuer des priorités en époques de pénurie (Fraguell *et al.*, 2016).

Le but de ce travail est d'identifier et d'analyser les stratégies utilisées par le secteur du tourisme catalan en matière d'approvisionnement d'eau et d'exécution de mesures d'économie d'eau faisant face aux défis que supposent les effets du changement climatique sur la disponibilité de l'eau, ainsi que les incitations et les obstacles que ce secteur rencontre afin de poursuivre la mise en œuvre de nouvelles mesures d'économie d'eau. Pour ce faire, nous nous baserons en partie sur les résultats obtenus lors de trois des projets de recherche que notre groupe de recherche Environnement et Technologies de l'information géographique de l'Université de Girona a mené ces dernières années

à ce sujet¹, et qui centrent leur attention sur le cas du secteur du tourisme catalan, en particulier celui de la Costa Brava.

Le travail est divisé en cinq grandes sections. Après cette brève introduction, nous développons une partie dans laquelle nous exposons l'état de la question par rapport aux progrès scientifiques réalisés à ce jour concernant le sujet à l'étude. Nous présentons par la suite le secteur du tourisme catalan, en particulier celui de la Costa Brava, par rapport à ses pratiques d'utilisation et de consommation d'eau, ses stratégies d'approvisionnement en eau ainsi que les mesures d'économie adoptées. Puis, nous nous concentrons dans une quatrième partie sur les incitations et les obstacles que le secteur du tourisme catalan rencontre lorsqu'il s'agit de poursuivre la mise en œuvre de mesures d'économie d'eau. Enfin, cette étude s'achève par une série de conclusions.

2. ÉTAT DE LA QUESTION

En dépit de la préoccupation résultant sans aucun doute de ce scénario de manque d'eau dû aux effets du changement climatique, de nombreux experts ont identifié le manque de recherche mettant l'accent sur la relation entre le tourisme et l'eau (Deya et Tirado, 2011; Hadjikakou *et al.*, 2013). Ceci est particulièrement inquiétant à partir du moment où la consommation d'eau peut arriver à représenter entre 10 et 20% de la consommation totale d'eau potable dans les pays où le tourisme est un secteur clé de l'économie (Gössling *et al.*, 2012).

Parmi les études actuelles les plus importantes, nous retrouvons le plus souvent celles qui mettent en évidence l'influence du tourisme sur la consommation d'eau et le besoin de prendre en compte différents facteurs structurels (p. ex: catégorie des établissements d'hébergement touristique; nombre de places; présence de services aux exigences élevées en eau, comme les jardins, les piscines ou les stations thermales; etc.) au moment de déterminer les stratégies nécessaires permettant d'accroître la résilience du secteur touristique face à l'évolution des modes de disponibilité de l'eau (Barberán *et al.* 2013; Bohdanowicz et Martinac, 2007; Charara *et al.*, 2011; Deyà et Tirado, 2011). En revanche, les facteurs organisationnels pouvant influencer sur la consommation d'eau des activités touristiques ont été moins explorés (Tzschentke *et al.*, 2004). Ce manque est particulièrement significatif à partir du moment où l'adoption de mesures d'éco-

1 Les trois projets de recherche dont nous faisons référence sont les suivants RIBAS, Anna; FRAGUPELL, Rosa Ma. (2012-2014), *Diagnosi del sector turístic català. Consum d'aigua i mesures d'estalvi hídric*. Girona: Catalan Water Partnership; RIBAS, Anna (2014 - 2017), *Análisis de tendencias y estrategias de resiliencia en los usos y el consumo de agua en espacios turísticos. El caso de la Costa Brava*. MINECO. Ref. CSO2013-41262-P) i RIBAS, Anna (2017-2019), *Incentivos y barreras para el ahorro hídrico en el sector turístico. Análisis y propuestas para una gestión eficiente del agua*. MINECO, Ref. CSO2016-75740-P.

nomie d'eau par le secteur du tourisme (allant des mesures de base telles que les aérateurs pour robinets ou les mécanismes à double poussoir dans les toilettes à des mesures plus avancées telles que l'utilisation d'eaux grises ou d'eaux de pluie) contribue certainement à utiliser l'eau de manière beaucoup plus efficace.

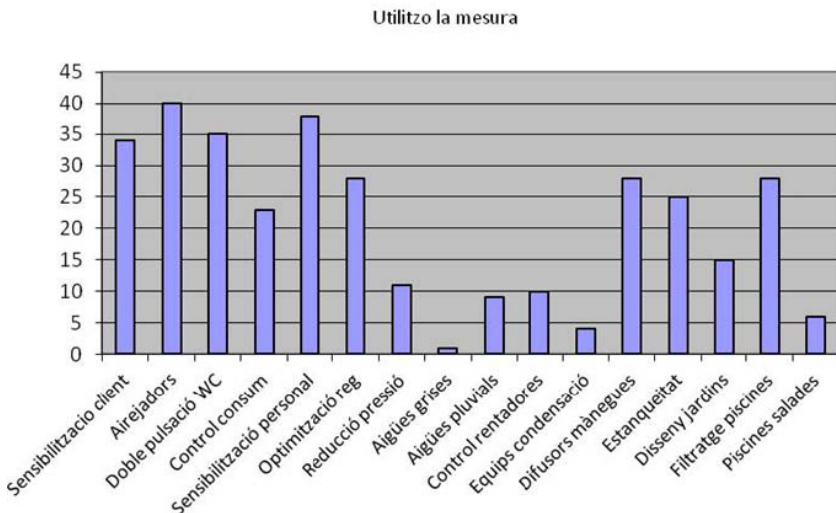
Il existe plusieurs raisons qui expliquent une plus grande volonté de la part de la direction d'un établissement ou d'une installation touristique à promouvoir et à mettre en œuvre des bonnes pratiques environnementales (Quazi *et al.*, 2001): allant de celles liées à une forte préoccupation et sensibilisation environnementales de la direction ou l'intention de réduire les coûts d'exploitation, à celles qui ont pour but d'améliorer la stratégie commerciale ou, tout simplement, de respecter les normes environnementales en vigueur. De même, il y a également des obstacles qui ne facilitent pas la mise en œuvre de bonnes pratiques environnementales d'économie en eau de la part de la direction (Chan, 2008; Kasim *et al.*, 2014) tels qu'un manque de ressources financières et / ou de temps pour les mettre en œuvre, un faible niveau de préoccupation et de sensibilisation environnementales ou bien un certain scepticisme concernant les bienfaits associés au développement de ces bonnes pratiques environnementales (Kasim *et al.*, 2014).

3. TENDANCES DANS LA CONSOMMATION D'EAU, STRATÉGIES D'APPROVISIONNEMENT ET MESURES D'ÉCONOMIE D'EAU DANS LE SECTEUR DU TOURISME

La plupart des établissements touristiques situés sur la côte méditerranéenne de la péninsule ont pu s'établir grâce à l'apport d'eau provenant de sources se trouvant en dehors de leurs limites municipales. La Costa Brava n'est pas un cas particulier. Au fil des années, la plupart de ses communes ont vu la façon dont les réserves en eau locales ne pouvaient plus garantir l'approvisionnement nécessaire pour faire face à une demande accrue pendant l'été avec l'arrivée du tourisme. Petit à petit, la plupart des communes ont créé des infrastructures hydrauliques nécessaires afin de faciliter le transport de l'eau, soit à travers des puits situés en dehors des limites municipales, soit à travers des pipelines qui transportent l'eau depuis les réservoirs de Sau, Susqueda, el Pasteral ou de Boadella ou bien, plus récemment, depuis l'usine de dessalement de Blanes, en ce qui concerne la zone sud de la Costa Brava. Ainsi, la Costa Brava a aperçu la façon dont son bassin hydro-social augmentait au fur et à mesure qu'il devenait une attraction touristique internationale majeure (Gabarda et Ribas, 2016). Ces dernières années, la mise en œuvre du programme de mesures découlant du Plan de gestion du district hydrographique de Catalogne, approuvé en novembre 2010, a eu pour objectif d'assurer davantage l'approvisionnement en eau des villes touristiques côtières. Les actions qui en découlent résultent de l'association du dessalement, de la réutilisation et de la récupération des aquifères, l'interconnexion des réseaux et l'amélioration de l'efficacité, ce qui a conduit, en ce qui concerne la Costa Brava, au renforcement de l'approvisionnement de la zone centrale de la Costa Brava à travers la construction d'un nouveau pipeline et la continuité donnée à la réutilisation de l'eau récupérée.

Le propre secteur du tourisme contribue également à la baisse continue, depuis environ une dizaine d'années, de la consommation d'eau par habitant. En dépit de l'absence généralisée de données spécifiques sur la consommation d'eau par le secteur du tourisme, les études réalisées par quelques villes, établissements ou installations touristiques de Catalogne (Ribas et Fraguell, 2013-2014), et en particulier de la Costa Brava (Gabarda, 2017), montrent qu'il y a eu une réduction significative de la consommation d'eau destinée à ces utilisations touristiques, tout à fait en adéquation avec ce qui se passe dans d'autres destinations touristiques sur la côte méditerranéenne de la péninsule (Baños *et al.*, 2010; Saurí *et al.*, 2013). Cette réduction s'explique par l'influence de nombreux facteurs, parmi lesquels il convient de souligner la crise économique et l'augmentation du prix de l'eau, les innovations institutionnelles et technologiques appliquées à la gestion de l'eau, les changements dans les habitudes de consommation de ces mêmes touristes et la prise de conscience croissante de ce secteur envers l'économie d'eau. Cependant, ces dernières années, l'apparition de cas de bonnes pratiques dans le secteur du tourisme concernant la gestion efficace du cycle de l'eau montre que l'application des technologies d'économie en eau peut arriver à supposer entre 20 et 30% d'économies dans ces établissements et installations touristiques.

Figure 1. Mesures courantes d'économie d'eau dans le secteur du tourisme catalan (sélection d'hôtels, de campings, de gîtes ruraux, de parcours de golf, de ports de plaisance et un parc d'attractions). *Source:* Ribas et Fraguell (2013-14).



La figure 1 illustre les mesures d'économie d'eau utilisées par le secteur du tourisme à travers une sélection d'hôtels, de campings, de gîtes ruraux, de parcours de golf, de ports de plaisance et un parc d'attractions en Catalogne. Comme vous pouvez le constater, les mesures les plus courantes sont celles dites basiques. Il s'agit soit de me-

sures dont l'installation est obligatoire d'après les normes environnementales et / ou d'urbanisme en vigueur, soit de mesures résultant d'une claire intentionnalité de mise en œuvre de la part de la direction, sans toutefois supposer un fort investissement financier ou un niveau élevé de connaissances techniques. Les quatre mesures les plus développées constituent la sensibilisation du personnel, les aérateurs pour robinets, la sensibilisation du client ainsi que les mécanismes à double poussoir dans les toilettes, qui ont la particularité de toutes partager un investissement financier faible, voire inexistant dans certains cas. À l'autre extrême, les mesures avancées, celles nécessitant un investissement financier important et des connaissances techniques avancées, constituent celles présentant une plus faible acceptation. Par exemple, les mesures affectant le traitement et la réutilisation d'eaux grises ou d'eaux de pluie impliquent également une forte capacité d'innovation d'un point de vue technologique (Kasim *et al.*, 2014).

À ce stade, il convient d'exposer l'exemple de l'Hôtel Samba, à Lloret de Mar. L'Hôtel Samba, établissement trois étoiles disposant de 441 chambres et 882 places, compte sur un système efficace de réutilisation d'eaux grises générées dans les salles de bains des chambres qui, une fois traitées, sont à nouveau renvoyées vers les citernes des toilettes. Ce système de réutilisation a permis d'économiser plus de 160 000 m³ d'eau depuis 1997, et a situé la consommation par nuitée à des niveaux inférieurs à 100 litres par personne et par jour.

4. INCITATIONS ET OBSTACLES PERMETTANT D'ÉCONOMISER DE L'EAU DANS LE SECTEUR DU TOURISME

En règle générale, la principale raison pour laquelle les différentes directions du secteur du tourisme décident de mettre en œuvre des mesures d'économie d'eau repose sur la réduction des coûts économiques (Ayuso, 2007; Chan et Hawkins, 2010). Il en est de même concernant les hôtels à Lloret de Mar (Gabarda et Ribas, à paraître) ainsi que les hôtels et campings de la baie de Pals, où nous avons même pu observer une certaine augmentation du nombre de mesures d'économie mises en œuvre au sein de ces établissements en raison de la sécheresse de 2007-2008, lorsque la crise économique s'est ajoutée à une augmentation significative des coûts du service des eaux (Llausàs *et al.*, 2016). La préoccupation pour l'environnement apparaît aussi comme une incitation expliquant l'adoption de mesures d'économie de la part du secteur du tourisme, bien qu'elle occupe une position bien plus en retrait par rapport à l'incitation associée à la réduction des coûts. Il a également été démontré que certaines entreprises touristiques entreprennent de bonnes pratiques environnementales dans le but d'améliorer leur image et leur compétitivité sur le marché (DiPietro *et al.*, 2013; Kasim *et al.*, 2014; Nyahunzvi, 2013).

En ce qui concerne les principaux obstacles à l'économie d'eau, le secteur du tourisme évoque souvent la méconnaissance ou le manque d'accès aux ressources nécessaires

afin d'obtenir des informations sur la façon d'économiser davantage d'eau (Ayuso, 2007; Chan, 2008), le fort investissement économique résultant de l'installation de dispositifs et / ou mécanismes d'économie d'eau, en particulier lorsqu'il s'agit de mesures avancées, ou les inconvénients associés aux processus de renouvellement des certifications environnementales et / ou qualité (Bramwell et Alletorp, 2001; Vernon *et al.*, 2003) (tableau 1).

Tableau 1. Types d'incitations et d'obstacles à l'économie d'eau perçus par les différentes directions au sein du secteur du tourisme.

	Incitations	Obstacles
Réglementaires et / ou instrumentaux	Subventions ou aides financières encourageant l'économie. Respecter les normes en vigueur.	Absence de normes et / ou de subventions encourageant l'économie. Absence de primes financières. Manque d'accès à des guides et / ou informations sur la façon d'économiser de l'eau. Absence d'organismes ou d'associations encourageant l'économie.
Socioculturels	Responsabilité socio-environnementale des entreprises touristiques.	Complexité associée aux bonnes pratiques. Faible prise de conscience de la responsabilité socio-environnementale. Manque de connaissances techniques. Manque de temps.
Économiques	Réduire les coûts.	Coûts de mise en œuvre trop élevés. Aucun avantage économique entrevu à court terme.
Stratégiques ou de gestion	Répondre aux besoins des touristes. Améliorer l'image du secteur. Marketing et publicité. Améliorer la propre gestion interne. Corriger les mauvaises pratiques des clients.	Risque de réduire le confort des touristes. Manque de coopération des touristes. Difficultés d'impliquer les propres employés.

Enfin, il est important de souligner que la quasi-totalité des facteurs mentionnés en tant que possibles incitations ou obstacles au moment de mettre en œuvre des mesures d'économie de l'eau sont de type interne. Ces facteurs internes seraient liés à la rentabilité de l'activité touristique et / ou à la sensibilité, la perception et la position de ses dirigeants par rapport à l'environnement. Les facteurs externes, tels que les besoins des

propres clients ou voire la pression de l'autorité compétente en matière d'économie, ne sont pratiquement jamais présentés comme significatifs par les différentes directions (Llausàs *et al.*, 2016).

5. CONCLUSIONS

Le bon développement social et économique des établissements touristiques de la côte méditerranéenne n'aurait pas été possible sans une disponibilité d'eau suffisante, aussi bien en quantité qu'en qualité, permettant de répondre à une demande accrue avec l'arrivée du tourisme. Par conséquent, les autorités locales, sous l'impulsion du propre secteur du tourisme, ont rivalisé d'ingéniosité afin de fournir une quantité et une qualité d'eau suffisante aux habitants ainsi qu'aux touristes de ces villes côtières. Dans ce travail, la Costa Brava a été présentée comme un exemple évident de la façon dont, depuis la seconde moitié du XXe siècle, il a été nécessaire de construire des infrastructures hydrauliques nécessaires au transport de l'eau sur des distances toujours plus importantes. Ainsi, la Costa Brava a aperçu la façon dont son bassin hydro-social augmentait au fur et à mesure qu'il devenait une attraction touristique internationale majeure. Cependant, ces dernières années, quelques changements importants au sein des sources d'approvisionnement en eau semblent indiquer une variation de paradigme dans la recherche de nouvelles sources d'eau. La construction de deux usines de dessalement et l'augmentation de la production d'eau recyclée ouvrent la porte à une alimentation en eau provenant de sources non conventionnelles, empêchant en partie l'apport d'eau depuis d'autres sources externes.

La baisse de la consommation d'eau par habitant constitue un autre changement significatif touchant non seulement la Costa Brava, mais aussi la plupart des pays développés au cours de ces dernières années. Dans le cas précis de la Costa Brava, cette réduction n'aurait pas été possible sans l'influence de facteurs tels que les innovations institutionnelles et technologiques appliquées à la gestion de l'eau, l'augmentation de la sensibilisation de la population à l'économie d'eau, l'apparition et le pari sur des sources d'approvisionnement non conventionnelles ou la crise économique et la hausse du prix de l'eau.

Le secteur du tourisme contribue également à la baisse progressive de la consommation d'eau par habitant dans de nombreuses villes. Les mesures d'économie d'eau les plus courantes prises par ce secteur sont celles dites *de base* (aérateurs, mécanisme à double poussoir dans les toilettes, sensibilisation des clients et du personnel aux économies d'eau, etc.). Il s'agit soit de mesures dont l'installation est obligatoire d'après les normes environnementales et / ou d'urbanisme en vigueur, soit de mesures résultant d'une claire intentionnalité de mise en œuvre de la part de la direction, sans toutefois supposer un fort investissement financier ou un niveau élevé de connaissances techniques. Bien que nous ayons constaté un certain degré de conscience environnementale généralisée parmi les différentes directions de ce secteur du tourisme, les priorités

économiques à court terme de leur modèle de gestion relèguent l'adoption de mesures d'économie d'eau au second plan (Ayuso, 2006). En ce sens, les résultats obtenus au jour d'aujourd'hui dans les divers projets de recherche que nous menons indiquent que le secteur de l'hébergement touristique sur la Costa Brava demeure encore dans une phase identifiée par des auteurs tels que Le *et al.* (2006) ou Mensah (2006) au sein de laquelle seules les mesures d'économie d'eau facilement rentables et fournissant un avantage concurrentiel sont mises en œuvre.

En définitive, l'analyse des changements et continuités au sein des relations entre le développement du tourisme, les formes d'approvisionnement en eau, les modes de consommation et les mesures d'économie d'eau devient un exercice primordial permettant d'évaluer le niveau de résilience du tourisme face aux effets du changement climatique et de pouvoir envisager les meilleures propositions de gestion possibles. Seulement de cette manière nous pourrions donner les réponses adéquates aux défis locaux et globaux en matière de durabilité du tourisme et de gestion de l'eau, et veiller à ce que dans le futur le tourisme continue d'être un moteur de croissance, de création et de distribution de la richesse ainsi que de création de nouvelles opportunités.

BIBLIOGRAPHIE

- Ayuso, S. (2007). "Comparing voluntary policy instruments for sustainable tourism: The experience of the Spanish hotel sector". *Journal of Sustainable Tourism*, 15(2): 144–159. <<http://doi.org/10.2167/jost617.0>>
- Baños, C. J.; Vera, J. F. i Díez, D. (2010). "El abastecimiento de agua en los espacios y destinos turísticos de Alicante y Murcia". *Investigaciones Geográficas*, 51, 81–105.
- Barberán, R.; Egea, P.; Gracia-de-Rentería, P. i Salvador, M. (2013). "Evaluation of water saving measures in hotels: A Spanish case study". *International Journal of Hospitality Management*, 34: 181–191. <[doi:10.1016/j.ijhm.2013.02.005](https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2013.02.005)>
- Bohdanowicz, P., i Martinac, I. (2007). "Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels—Case study of Hilton International and Scandic in Europe". *Energy and Buildings*, 39: 82–95. <<http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.05.005>>
- Bramwell, B. i Alletorp, L. (2001). "Attitudes in the Danish tourism industry to the roles of business and government in sustainable tourism". *International Journal of Tourism Research*, 3(2): 91–103. <<http://doi.org/10.1002/jtr.242>>
- Chan, E. S. W. (2008). "Barriers to EMS in the hotel industry". *International Journal of Hospitality Management*, 27(2): 187–196. <<http://doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.07.011>>
- Chan, E. S. W. i Hawkins, R. (2010). "Attitude towards EMSs in an international hotel: An exploratory case study". *International Journal of Hospitality Management*, 29(4): 641–651. <<http://doi.org/10.1016/j.ijhm.2009.12.002>>

- Charara, N.; Cashman, A.; Bonnell, R. i Gehr, R. (2011). "Water use efficiency in the hotel sector of Barbados". *Journal of Sustainable Tourism*, 19(2): 231–245. <<http://doi.org/10.1080/09669582.2010.502577>>
- Deyà, B. i Tirado, D. (2011). "Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the island of Mallorca". *Journal of Environmental Management*, 92: 2568–2579. <[doi:10.1016/j.jenvman.2011.05.024](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.05.024)>
- DiPietro, R. B., Cao, Y. i Partlow, C. (2013). "Green practices in upscale foodservice operations Customer perceptions and purchase intentions". *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 25(5): 779–796. <<http://doi.org/10.1108/IJCHM-May-2012-0082>>
- Fraguell, Rosa Ma.; Gómez, Belén; Llurdés, Joan Carles; Martí, Carolina; Ribas, Anna; Saurí, David (2016). "El turisme", A Martín Vide, J. (coord.), *Tercer Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya i Institut d'Estudis Catalans.
- Gabarda, A. (2017). *Canvis recents en el consum i la gestió de l'aigua en espais turístics. El cas de la Costa Brava (Girona)*. Girona: Universitat de Girona, Tesi doctoral. Programa de Doctorat en Medi Ambient. <<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/401740/tagm1de1.pdf?sequence=7>>
- Gabarda, A. i Ribas, A. (2016). "Understanding reductions in water consumption in tourist areas: a case study of the Costa Brava, Spain". *International Journal of Water Resources Development*. <<http://doi.org/10.1080/07900627.2016.1142861>>
- Gabarda, A. i Ribas, A. (en premsa). "Exploración de tipologías hoteleras según el nivel de implementación de medidas de ahorro hídrico a través de un análisis clúster. El caso de Lloret de Mar (Costa Brava)". *Cuadernos turísticos*.
- Gössling, S.; Peeters, P.; Hall, C. M.; Ceron, J.-P.; Dubois, G.; Lehmann, L. V., i Scott, D. (2012). "Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review". *Tourism Management*, 33: 1–15. <<http://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.03.015>>
- Hadjikakou, M.; Chenoweth, J. i Miller, G. (2013). "Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern Mediterranean". *Journal of Environmental Management*, 114: 548–556. <<http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.002>>
- Hall, J. i Murphy, C. (2010). "Vulnerability Analysis of Future Public Water Supply Under Changing Climate Conditions: A Study of the Moy Catchment. Western Ireland". *Water Resources Management*, 24: 3527–3545. <[10.1007/s11269-010-9618-8](https://doi.org/10.1007/s11269-010-9618-8)>
- Kasim, A.; Gursoy, D.; Okumus, F. i Wong, A. (2014). "The importance of water management in hotels: a framework for sustainability through innovation". *Journal of Sustainable Tourism*, 22(7): 1090–1107. <<http://doi.org/10.1080/09669582.2013.873444>>

- Kent, M.; Newnham, R. i Essex, S. (2002). "Tourism and sustainable water supply in Mallorca: a geographical analysis". *Applied Geography*, 22: 351–374. <doi:10.1016/S0143-6228(02)00050-4>
- Le, Y.; Hollenhorst, S.; Harris, C.; McLaughlin, W. i Shook, S. (2006). "Environmental management. A Study of Vietnamese Hotels". *Annals of Tourism Research*, 33(2): 545–567. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2006.01.002>
- Llausàs, A.; Padullés, J.; Ribas, A. (2016). "Drivers and barriers for water conservation in accommodation establishments in the Costa Brava". A: *International Conference on Global Tourism and Sustainability*. Lagos, Portugal. 12-14 octubre de 2016. Publicada en: Greenlines Institute for Sustainable Development, Lira, S.; Mano, A.; Pinheiro, C.; Amoêda, R. (eds) (2016). *Tourism 2016. International Conference on Global Tourism and Sustainability*: 241-248.
- Mensah, I. (2006). "Environmental management practices among hotels in the greater Accra region". *International Journal of Hospitality Management*, 25(3): 414–431. <10.1016/j.ijhm.2005.02.003>
- Nyahunzvi, D. K. (2013). "CSR reporting among Zimbabwe's hotel groups: a content analysis". *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 25(4): 595–613. <http://doi.org/10.1108/09596111311322943>
- Quazi, H.; Khoo, Y.; Tan, C. i Wong, P. (2001). "Motivation for ISO 14000 certification: development of a predictive model". *The International Journal of Management Science*, 29: 525–542. <http://doi.org/10.1016/S0305-0483(01)00042-1>
- Ribas, A. i Fraguell, R.M. (2012-2014). *Diagnosi del sector turístic català. Consum d'aigua i mesures d'estalvi hídric*. Girona: Catalan Water Partnership.
- Rico-Amoros, A. M.; Saurí, D.; Olcina-Cantos, J., i Vera-Rebollo, J. F. (2013). "Beyond Megaprojects?. Water Alternatives for Mass Tourism in Coastal Mediterranean Spain". *Water Resources Management*, 27: 553–565. <doi:10.1007/s11269-012-0201-3>
- Saurí, D.; Olcina, J.; Vera, JF; Martin-Vide, J.; March, H.; Serra, A., i Padilla, E. (2013). "Tourism, climate change, and water resources. Coastal Mediterranean Spain as exemple". A: Schmidt-Thomé, P. and Grieving, S. (eds). *European Climate Vulnerabilities and Adaptation*. Chichester, UK: Wiley: 199-208.
- Tzschentke, N. A.; Kirk, D. i Lynch, P. A. (2008). "Going green: Decisional factors in small hospitality operations". *International Journal of Hospitality Management*, 27(1): 126–133. <10.1016/j.ijhm.2007.07.010>
- Vernon, J.; Essex, S.; Pinder, D. i Curry, K. (2003). "The "greening" of tourism micro-businesses: Outcomes of focus group investigations in South East Cornwall". *Business Strategy and the Environment*, 12: 49–69. <http://doi.org/10.1002/bse.348>

Aquest llibre recull algunes de les ponències presentades a la XVII International Summer School on Environment, centrada, l'any 2017, en el canvi climàtic i el turisme. Els objectius van ser: primer, conèixer les darreres dades sobre l'impacte del canvi climàtic en el territori, a partir del «Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya» (TICCC); segon, identificar el problema que aquest fenomen pot generar en el sector del turisme, tant de platja com de neu, en l'entorn gironí i transfronterer; i tercer, establir un debat al voltant de les mesures urgents d'adaptació als efectes del canvi climàtic en el sector turístic. En conjunt, l'activitat va assolir la seva finalitat: difondre el coneixement i les experiències d'experts a tota la comunitat; tant a universitaris com a agents del territori afectats o preocupats per l'impacte del canvi climàtic sobre els recursos i l'activitat turística.

Ce livre regroupe certains des rapports présentés à la XVII International Summer School on Environment consacrée en 2017 au changement climatique et au tourisme. Les objectifs étaient : tout d'abord, de découvrir les données les plus récentes concernant l'impact du changement climatique sur le territoire à partir du « Troisième rapport sur le changement climatique en Catalogne » (TICCC) ; ensuite, d'identifier le problème que ce phénomène peut générer dans le secteur du tourisme aussi bien de plage que de neige dans la région transfrontalière et de Gérone ; et enfin, d'établir un débat autour des mesures urgentes d'adaptation aux effets du changement climatique dans le secteur touristique. Dans l'ensemble, l'activité a atteint son but : diffuser les connaissances et les expériences d'experts dans toute la communauté, aussi bien des membres du corps universitaire que des agents touchés ou préoccupés par l'impact du changement climatique sur les ressources et l'activité touristique.

Interreg
POCTEFA
ECTAdapt



Universitat de Girona
Institut de Medi Ambient

Universitat de Girona
Institut de Recerca en Turisme

ISBN: 978-8484585244



9 788484 585244