

OBSERVATOIRE PYRÉNÉEN du Changement Climatique

Mutualisation de la connaissance sur l'impact
du changement climatique en montagne

Janvier – Septembre 2010



D.Viet

“ Les **montagnes** sont **sensibles** aux impacts des changements climatiques rapides, et fournissent des **terrains intéressants** pour la détection précoce et l'étude des **signaux** du changement climatique et de ses **impacts** sur les systèmes hydrologiques, écologiques et sociétaux. (Beniston, 2003) [1]. ”



La création d'un Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique est une très bonne initiative ; la mobilisation rapide et spontanée des scientifiques et des acteurs socioprofessionnels concernés en témoigne. Cet Observatoire qui s'étend de part et d'autre des Pyrénées, de la Méditerranée à l'Atlantique, couvre un territoire d'une grande diversité géographique. Cette mosaïque de régions très variées en fait son originalité et sa richesse pour étudier et anticiper la réponse aux changements climatiques des différents écosystèmes qui la compose.

Il m'a été proposé de prendre la Présidence du Conseil Scientifique et je l'ai accepté volontiers, à la fois parce que j'aime cette région dont je suis originaire, et par conviction. Pour qui fréquente régulièrement les pôles, le réchauffement climatique est une évidence. Nous avons « ouvert la porte du frigo » et le froid polaire va progressivement manquer pour compenser la chaleur tropicale.

Cette fièvre chronique de la Terre est parfois difficile à faire entendre. La température moyenne s'est élevée de 0,8°C en un siècle. Ce réchauffement n'est pas perceptible par le corps humain et c'est là tout le problème. L'amalgame entre bilan thermique de la Terre et climat dessert la cause ; l'un est une mesure scientifique, l'autre une valeur populaire, et il suffit d'un hiver rigoureux pour discréditer cette « vérité qui dérange ». Quand on a 37,8 °C, ce n'est jamais que 0°8 C au-dessus de la normale, on « couve quelque chose ». La Terre en est là aujourd'hui. Mais dans quelques décennies, le meilleur des scénarios, annonce une hausse de températures moyenne de 2 degrés. La Terre aura alors 39 °C ! On sait ce que cela veut dire. Il est d'urgent d'agir avant les complications.

La communauté scientifique, les groupes de travail thématiques, les membres de la CTP et les acteurs socioprofessionnels de terrain, ont déjà fait un travail considérable : une première base de données sur les signes perceptibles du réchauffement et l'élaboration d'indicateurs de suivi. Il s'agit maintenant de mettre en place un plan d'actions pour l'Observatoire, afin d'atteindre les objectifs ambitieux que nous lui avons fixés. Cet Observatoire est aussi un bel outil pédagogique pour convaincre les citoyens des mesures que cette sournoise menace planétaire impose localement à chacun d'entre nous.

Jean-Louis Etienne
Président du Conseil Scientifique
de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique



Ici les espèces végétales remontent de 3 mètres par an. Là, les glaciers fondent petit à petit. Partout les précipitations chutent. Dans le Banyuls on vendange quinze jours plus tôt...

Le changement climatique est une réalité, dans les Pyrénées comme ailleurs. Chaque année, on en mesure un peu plus les effets. Les conséquences, dans l'immédiat, sont avant tout environnementales. Demain, elles seront aussi économiques et sociales, avec des répercussions sur l'ensemble des activités : tourisme, agriculture, sylviculture...

Acteurs politiques, scientifiques, citoyens, nous sommes tous responsables à l'égard des générations futures. Sans doute, ne pouvons nous pas prétendre résoudre un problème qui nous dépasse. Il existe néanmoins des marges de manœuvre et si chacun s'y met, des avancées à concrétiser.

Avec la création en janvier 2010 de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, notre ambition est de disposer d'une meilleure information et compréhension des évolutions et donc des politiques nécessaires, qu'elles soient locales, régionales, nationales, mondiale.

Grâce au travail des scientifiques, la Communauté de Travail des Pyrénées dispose désormais d'un outil stratégique pour anticiper – et je l'espère agir –, y voir plus clair pour savoir ou essayer de savoir où l'on va.

Cette démarche ambitieuse, inédite en Europe à l'échelle d'un massif montagneux, servira durablement le développement des Pyrénées et de ses populations. C'est pour cela qu'ensemble nous l'avons engagée.

Martin Malvy

Ancien ministre

Président de la Région Midi-Pyrénées

Président de la Communauté de Travail des Pyrénées

COMPRENDRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES PYRÉNÉES et aider les territoires à s'adapter

Dans son rapport de 2007 [2], le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a identifié les zones montagneuses comme des espaces particulièrement sensibles aux changements climatiques.

La Communauté de Travail des Pyrénées, en tant qu'acteur de premier plan sur le massif pyrénéen, a créé, le 14 janvier 2010, un Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique afin de mieux suivre et comprendre les évolutions du climat à l'échelle des Pyrénées et de développer un cadre d'actions partagé entre ses membres*. L'objectif de l'Observatoire est d'anticiper les impacts du changement climatique pour donner la possibilité aux secteurs socioéconomiques et aux espaces naturels les plus vulnérables de s'adapter à ses effets grâce à la définition de stratégies idoines.

Le travail de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, animé par les membres de la CTP et par l'intervention de groupes de travail thématiques associant les acteurs socioprofessionnels du territoire, est suivi et encadré par un Conseil Scientifique.

Les actions de l'Observatoire :

- ▶ **Mutualiser les connaissances existantes** sur les impacts du changement climatique dans les Pyrénées et capitaliser sur les savoir-faire de chacun.
- ▶ **Analyser la vulnérabilité** des milieux naturels au changement climatique et étudier son impact socio-économique.
- ▶ **Préparer des recommandations et des conseils** opérationnels pour permettre une meilleure adaptation des activités économiques et des milieux naturels en favorisant le développement harmonieux du massif et de ses populations.
- ▶ **Inform**er de façon pédagogique la société civile et les acteurs socio-économiques.
- ▶ **Contribuer à développer la visibilité européenne et internationale des Pyrénées** en matière d'observation et d'adaptation au changement climatique et soutenir la mise en réseau de l'Observatoire au niveau européen.

Le constat du changement climatique dans les Pyrénées

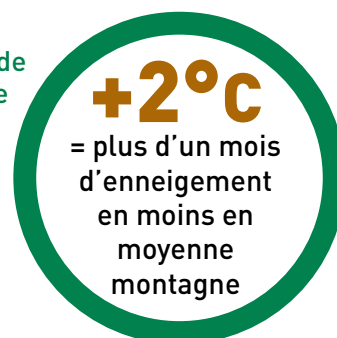
- réchauffement de **+1,1°C** depuis 1900 dans le Sud-Ouest de la France et le massif des Pyrénées (Météo France/ ONERC, 2007)
- remontée en altitude des espèces végétales de **3 mètres par an** entre 1971 et 1993 et de plus de 64 mètres pour les espèces forestières (INRA, 2008)
- précocité des vendanges de l'ordre d'une **quinzaine de jours** sur le domaine de Banyuls dans les Pyrénées Orientales depuis 1990 (Cave coopérative/ ARPE, 2008)
- diminution de **10 à 15 jours** d'enneigement entre 1971 et 2008 pour la moyenne montagne (Hospitalet, 1400m) (Météo France, 2008)
- diminution de **85%** de la surface des glaciers pyrénéens depuis 1850 (Association Moraine, 2009)



JANVIER-SEPTEMBRE 2010 : mutualisation de la connaissance scientifique disponible sur le changement climatique à l'échelle des Pyrénées

Un profil pyrénéen partagé dresse un premier état des lieux transfrontalier des caractéristiques et enjeux majeurs du massif (sociaux, économiques et environnementaux) face au changement climatique. Sur la base de la mutualisation d'études existantes au niveau du massif des Pyrénées, l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique présente, après neuf mois d'existence, des premiers résultats. Les chiffres annoncés, ciblés sur la « zone montagne » *stricto sensu*, le Sud de la France ou le Nord de l'Espagne, font déjà apparaître le caractère vulnérable du massif. Les Pyrénées et ses populations regorgent de ressources qui devraient inexorablement évoluer face au changement climatique.

Plusieurs études scientifiques [3,4] ont démontré qu'une élévation moyenne de 2°C dans les Pyrénées entraînerait, dès 1 500 mètres, une diminution du nombre de jours de neige au sol d'un mois (30 à 49 jours/an). Cette tendance serait particulièrement marquée sur les Pyrénées centrales et orientales espagnoles. Concrètement, en passant de 3 à 2 mois de jours de neige avec une remontée de la limite des conditions de ski satisfaisantes de 150 m par degré, les stations de ski de moyenne montagne pourraient s'attendre à une diminution d'un quart de leur chiffre d'affaire [5].



En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Le tourisme occupe une partie importante dans l'économie actuelle du massif avec une fréquentation saisonnière fortement marquée [6]. Les pôles touristiques sont principalement situés en haute montagne et dans la zone centrale des Pyrénées. Ils coïncident avec les stations de montagne (une soixantaine dans les Pyrénées françaises, espagnoles et andorranes), qui captent une très grande majorité des retombées économiques du secteur touristique dont 1/4 du chiffre d'affaire est directement imputable à l'activité de ski [16].

La diversification économique est cependant de plus en plus marquée à l'échelle du massif. Le tourisme vert, culturel et de pleine nature, est de plus en plus plébiscité par une clientèle locale (métropoles de piémonts et de plaines) où il occupe une place essentielle dans la partie orientale des Pyrénées.

-11%
du débit d'étiage*
sur le bassin
Adour Garonne

-50%
de diminution
de l'amplitude
des crues
de printemps sur
la Garonne

Les variations annoncées du régime des précipitations et des températures estivales ainsi qu'une augmentation probable des consommations d'eau permettent aujourd'hui de prévoir à l'horizon 2025 une diminution moyenne de 11% des débits d'étiage* sur l'ensemble du bassin Adour Garonne (de 10 à 20% sur le bassin de la Garonne) [9, 10]. Les impacts les plus forts s'observeraient autour du mois de juillet, où la diminution du débit pourrait atteindre 15% et au niveau des bassins de tête pyrénéens (en moyenne proche de 25%). L'impact sur les étiages ne se traduirait pas seulement par une diminution des débits mais aussi par une avancée d'un mois du début du régime d'étiage (liée à la fonte plus précoce de la neige), de juillet vers le mois de juin.

Sur les bassins amont de la Garonne (localisés principalement en zone de montagne), le dérèglement du régime des précipitations et des fontes nivales en raison de la réduction de l'épaisseur et de la durée de maintien du manteau neigeux devrait engendrer une diminution de l'amplitude des crues de printemps, qui pourrait atteindre 50 % d'ici 2025 [9].

Les scénarios climatiques pour l'avenir prévoient déjà une augmentation des besoins en irrigation de certaines cultures de l'ordre de 10% [7]. En ce qui concerne le maïs, ces besoins devraient croître de plus de 20% (de l'ordre de 40 mm) à l'horizon 2030, principalement dûs à l'augmentation de la production [9]. Une évolution similaire est identifiée jusqu'en 2045. Les besoins en eau se feraient sentir plus tôt dans l'année et le pic de la demande serait encore plus fort au cœur de l'été.

+20%
d'augmentation
du besoin
en irrigation
du maïs

En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Le massif des Pyrénées constitue le « château d'eau » d'une bonne partie du sud-ouest de la France et d'une grande partie du nord-est de l'Espagne. Sa géographie générale s'articule sur un axe Est/Ouest à partir duquel s'organisent l'ensemble des réseaux hydrographiques.



D.Viet



Baschenis Alain

Les ressources en eaux souterraines sont diverses et irrégulièrement réparties selon la lithologie, les déformations subies par les roches ainsi que la profondeur et l'activité des accidents tectoniques. La plupart des cours d'eau pyrénéens relèvent d'une part d'un régime pluvionival (ou pluvial stricte), caractérisé par de hautes eaux en hiver et au printemps et de basses eaux en été (calé sur le régime des précipitations et de la fonte des neiges) et sont d'autre part fortement anthropisés (obstacles, barrages, prélèvements, usines hydro-électriques, etc.) [17]. Les crues torrentielles et les inondations constituent le risque dominant dans l'ensemble de la chaîne, notamment dans les parties Est et Sud de la chaîne, du fait des influences climatiques méditerranéennes (3 inondations destructrices en Catalogne en moyenne sur les 26 dernières années [15], crues extrêmes et débordements des têtes de bassins des Pyrénées Orientales, etc.). Ainsi, les réservoirs artificiels ont une fonction très importante de régulation de débits, spécialement durant l'hiver et le début de printemps.

L'hydroélectricité pyrénéenne est très présente sur le versant français et dans une moindre mesure sur le versant espagnol en raison du développement accru d'autres formes d'énergies propres (éolien notamment). En Espagne, les retenues d'eau sont principalement dédiées à la consommation (eau potable, irrigation et usage industriel). En France, la part de la SAU** équipée pour l'irrigation en 2007 varie de 5% (Pyrénées Atlantiques) à plus de 20% (Hautes-Pyrénées et Haute-Garonne), le maïs étant la culture la plus largement irriguée [Agreste, 2007]. L'importance de la couverture forestière, dominante dans le massif, est un facteur essentiel pour la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines notamment par son rôle de « filtre » mais aussi de protection et de stabilisation des sols. De manière générale, les modifications anthropiques (déforestation, artificialisation des sols et urbanisation, etc.) augmentent la vulnérabilité de certains territoires face aux risques naturels.



D.Viet



D.Viet

Un rapport de 2009 de l'Agence Européenne de l'Environnement [12] pointe du doigt les effets catastrophiques possibles d'un réchauffement climatique sur les espèces endémiques montagnardes. Si depuis 1990, les populations de papillons des prés diminuent de façon alarmante dans toute l'Europe [13], ce rapport prévoit que, d'ici la fin du XXI^{ème} siècle, 60% des espèces végétales montagnardes seront menacées d'extinction. Les espèces n'étant plus capables de se déplacer ou de retrouver des conditions climatiques identiques (espèces confinées ou habitat de plus en plus réduit) [14].

60 %
des espèces
végétales
montagnardes
menacées
d'extinction

En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Le massif pyrénéen, encore très rural, est particulièrement remarquable par l'importance des massifs forestiers et des zones naturelles bénéficiant de mesures de protection paysagère et/ou environnementale. Il abrite à lui seul 70% des espèces de la faune française de mammifères et plus de 4 500 espèces végétales (dont environ 200 sont endémiques) [14]. Les paysages pastoraux constituent de véritables « pool » de biodiversité tout comme la haute montagne calcaire ou les couverts forestiers. Cependant, l'exode rural et l'évolution des modes d'exploitation ont entraîné dans certains territoires une perte de diversité biologique, paysagère, culturelle et économique. Au-delà des modifications du climat et des milieux, l'introduction et le développement d'espèces invasives est une autre cause de vulnérabilité pour la faune et la flore pyrénéenne.

4 à 12%
de pertes
de production
pour la forêt

L'augmentation de la température et du déficit pluviométrique, prédite par les modèles climatiques, induit des stress hydriques dont les forêts sont principalement les cibles, notamment les conifères moins adaptés aux conditions de sécheresse. L'augmentation de l'intensité du déficit hydrique cumulé sur la saison de végétation devrait engendrer une diminution forte de la restitution en eau du milieu (-125mm/an d'ici 2025) et une baisse des productions moyennes proche de 12%, plus modérée pour les plus hautes altitudes (-0,5tMS*/ha/an d'ici 2025) [7].

En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées, les forêts dominent entre 600 et 2 000 mètres. La forêt pyrénéenne couvre plus de 44% du versant français et 61% du versant espagnol, avec des taux de boisement allant de moins de 25% (bordures, traditionnellement pastorales) jusqu'à plus de 70% (Pyrénées centrales) [11]. Les essences (chênes, hêtre, sapin et pins) s'y répartissent selon leur altitude avec, dans l'ensemble, une assez forte proportion de peuplements mélangés.

La forêt répond à différents besoins, exprimés par l'ensemble des usagers, qu'ils soient d'ordre économique, social ou environnemental. Malgré un accroissement naturel important, les forêts pyrénéennes restent sous-exploitées du fait de coûts d'exploitation élevés en regard du prix des bois provenant d'autres origines, non seulement au niveau européen mais aussi mondial. La gestion forestière doit ainsi intégrer tous les aspects de cette multifonctionnalité et assure la stabilité, le renouvellement et donc la pérennité des peuplements. Les forêts pyrénéennes jouent également un rôle important dans l'atténuation des effets du changement climatique par leur potentiel de séquestration de carbone.

* tMS : tonnes de matière sèche



Elsa Leroy



Thébaud Patrice

Plus de fourrage

pour le bétail pendant les intersaisons

D'après les travaux menés en 2010 par plusieurs équipes de scientifiques [7, 8], il apparaît que les prairies de piémont et les estives de montagne verraient leur production de biomasse augmenter au printemps (période de production maximale) et en automne. Leur période de production serait également allongée, augmentant ainsi leur possibilité d'exploitation (fauche ou pâturage). A titre d'exemple, en zone de moyenne montagne, cette augmentation du niveau de production pourrait atteindre 6 à 22% pour la fétuque et 8 à 19% pour le ray-grass anglais sur l'ensemble du siècle. L'allongement de la période de production pourrait permettre une coupe supplémentaire en fin d'hiver/début de printemps. Les effets sont directs non seulement sur le climat, en augmentant les capacités de stockage de carbone des prairies, mais aussi sur l'alimentation du bétail qui bénéficieraient d'une mise à l'herbe prolongée.

En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Le pastoralisme pyrénéen se caractérise par une diversité des systèmes d'élevage : ovins, bovins, caprins, porcins et équins. Au delà de la fonction de maintien des paysages et de garantie de la qualité des milieux naturels, l'élevage pastoral a également une fonction économique et sociale primordiale dans des territoires où les conditions de relief et de climat ne permettent pas l'implantation d'autres activités. L'agriculture pyrénéenne française est particulièrement variée. Les systèmes agricoles, alliant plusieurs types de productions, représentent plus du quart des exploitations. L'élevage d'herbivores prédomine sur le massif. Il concerne plus de 80% de la SAU* individuelle en France. Les estives individuelles et collectives, localisées en zone de montagne et haute montagne (zones de transhumance), couvrent près d'1/3 de la surface du massif [16]. Deux systèmes pastoraux se distinguent : une activité laitière stricte et un système bovin allaitant qui exporte sa production essentiellement vers l'Italie et l'Espagne sous forme de broutards ou de produits semi-finis [8]. Côté espagnol, l'élevage d'ovins est prépondérant le long de la chaîne dans un système où la transhumance a quasi totalement disparue. Le sud des Pyrénées Centrales conserve quant à lui un élevage porcins important, d'intensification croissante.



Baschenis Alain



D. Viet

* Surface agricole utile

Si au niveau national, les anticipations phénologiques* (avancée des dates de floraison et de vendange) étaient jusqu'à présent suivies pour la vigne et les arbres fruitiers, les grandes cultures font désormais l'objet d'un suivi identique, étant tout autant concernées par le phénomène. Les modèles prévoient, par exemple, une anticipation de la date de récolte du blé et du colza évaluée de 8 à 16 jours et de 25 à 41 jours pour le maïs d'ici à 2050 [7].

6 à 15
jours d'avancement,
de la date de récolte
pour les grandes
cultures (par degré de
réchauffement)

+1 à +5
jours disponibles
pour les
interventions
agricoles sur les
parcelles

En agriculture, la diminution des précipitations ne devrait pas avoir que des conséquences « désastreuses » pour les cultures : elle permettrait également d'augmenter le nombre de jours « disponibles » à l'intervention des engins agricoles dans les parcelles. C'est le cas notamment des chantiers d'automne (récolte du maïs, préparation de semis d'hiver). En règle générale, les chiffres annoncés sont de l'ordre de 1 à 5 jours supplémentaires en moyenne pour le semi du blé et de 2 à 3 jours pour une récolte dite « tardive » dès 2025 [7].

-20%
de la nuisibilité
de la septoriose***
du blé

Les premières tendances sur les évolutions du développement des pathogènes** en lien avec le changement climatique ont montré des résultats contrastés. Dans le cas du blé, les études prévoient une diminution du nombre de jours favorables aux infections au printemps et en été (saisons clés), entraînant une diminution de la nuisibilité de la septoriose*** (ou rouille brune du blé) de l'ordre de 20% pour la fin du siècle [7]. Dans la plupart des cas, les pertes de rendement qu'entraîne cette maladie auraient tendance à stagner, voire à diminuer. Cependant, le changement climatique pourrait aussi accroître le risque de certaines maladies, et notamment celles des arbres (encre et oïdium du chêne) [INRA, 2004].



En quoi les Pyrénées et ses populations sont particulièrement concernées ?

→ Sur l'ensemble du massif comme au niveau national, la Surface Agricole Utile (SAU) ou surface consacrée à la production agricole est en augmentation depuis 1988 (+5% en France) alors que le nombre d'exploitations agricoles est en chute libre [16]. Les zones cultivées sont couplées principalement à l'élevage à l'Ouest, aux vignes à l'Est et aux vergers et oliviers au Sud [6]. Ces zones, concentrées sur le piémont ou dans les fonds de vallées, abritent des cultures annuelles (céréales, légumes, fourrages) et des cultures pérennes (prairies permanentes, viticulture, arboriculture). Les collines, terrasses et contreforts de la zone de montagne constituent un espace important de transition, ouvert sur la plaine, au niveau duquel s'est développée une diversité de productions agricoles, souvent sous signe de qualité.

* La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat (pour les végétaux il peut s'agir par exemple de : la floraison, la feuillaison, la fructification, la coloration des feuilles, etc.).

** Les pathogènes sont des agents porteurs et responsables de maladies.

*** La septoriose est la maladie foliaire majeure du blé en France et dans de nombreux pays d'Europe. Deux champignons parasites en sont responsables et provoquent des taches brunes sur les feuilles pouvant ainsi entraîner des baisses de rendement importantes.



DES INDICATEURS PRESENTIS pour un suivi du changement climatique dans les Pyrénées

Une première série d'indicateurs a été retenue par les membres de l'Observatoire afin de mieux évaluer et suivre le phénomène de changement climatique et ses effets à l'échelle des Pyrénées. Cette série d'indicateurs a été élaborée en collaboration avec l'ensemble des partenaires scientifiques et socioéconomiques de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, validée par son Conseil Scientifique et devra être suivie de la création de partenariats pour permettre son renseignement.

Le renseignement de certains indicateurs, traduisant les impacts directs du changement climatique sur la chaîne, pourra faire l'objet d'une comparaison avec les observations sur d'autres massifs ou territoires. En complément, une série d'indicateurs permettra quant à elle de suivre des impacts plus indirects de ce phénomène (activités socioéconomiques : tourisme, agriculture, etc.).

Sans présager de futurs compléments, l'Observatoire se propose aujourd'hui de suivre :

- ▶ l'évolution des températures saisonnières (intensité)
- ▶ l'évolution des précipitations saisonnières (fréquence, intensité, distribution spatiale)
- ▶ l'évolution des événements climatiques extrêmes : vagues de chaleur, vague de froid, gel, tempête, précipitations extrêmes, sécheresse
- ▶ l'évolution de l'enneigement de la moyenne et haute montagne en particulier au niveau des stations de ski (hauteur des précipitations neigeuses hivernales, durée d'enneigement)
- ▶ l'évolution du couvert végétal (période de croissance végétative, indice de végétation à partir de données satellitaires - *Normalized Difference Vegetation Index, NDVI*)
- ▶ l'évolution du nombre, de la longueur, de la surface et du volume des glaciers pyrénéens
- ▶ l'évolution cartographique des territoires à fort aléa « risque naturel » (avalanches, inondations, érosion, mouvement/ glissement/ effondrement de terrain, retrait/ gonflement)
- ▶ l'évolution de la répartition (extension ou régression) du saule herbacé (saule nain) et des communautés de plantes et de champignons associées, caractéristiques de la végétation des combes à neige*
- ▶ l'évolution de l'abondance, de la richesse, de la diversité et de la phénologie** de certaines espèces animales d'intérêt (Papillons diurnes, Oiseaux communs)
- ▶ l'évolution altitudinale et phénologique** du Hêtre, du Pin à crochet et du Pin sylvestre (stades phénologiques** comme la date de débourrement, les aires climatiques potentielles de répartition, les phénomènes d'hybridations)
- ▶ l'évolution de la productivité et de l'exploitation des prairies pyrénéennes (dates de fauche/ de mise à l'estive, nombres de coupes et production)
- ▶ l'évolution des rendements des grandes cultures
- ▶ l'évolution de la vigne et de la qualité des vins (date de vendange, taux de sucres et d'acidité, degré alcoolique)
- ▶ l'évolution du débit naturel/ restitué des eaux de surface
- ▶ le suivi piézométrique*** des eaux souterraines
- ▶ l'évolution de l'incidence des feux de forêts (surface, fréquence, intensité)

* Les combes à neiges sont de petites dépressions d'altitude où la neige se maintient plus longtemps qu'ailleurs.

** La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques (annuels le plus souvent) dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat (pour les végétaux il peut s'agir par exemple de : la floraison, la feuillaison, la fructification, la coloration des feuilles, etc.).

*** La piézométrie est la mesure de la profondeur des nappes d'eau souterraines pour en évaluer leur état quantitatif.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **BENISTON, M.** (2003) – *Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts*. *Climatic Change*, N°59, pp5-31.

[2] **GIEC** (2007) – *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, 103 p.

[3] **DUBOIS G. ET CERON J-P.** (2006) – *Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme ; étude exploratoire en vue d'un programme de recherche*, TEC, 131p.

[4] **LOPEZ-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) pp 384-396

[5] **PREFECTURE DE REGION LANGUEDOC-ROUSSILLON** (2008) – *Étude sur le changement climatique en Languedoc-Roussillon. Quelles conséquences économiques et sociales*, Rapport final. Tome 1, 149p – Tome 2, 123p.

[6] **GENOUD-PRACHET V.** (2009) – *Atlas du massif pyrénéen*, APEM, 16p.

[7] **BRISSON N. ET LEVRAULT F.** (2010) – *Livre vert du projet Climator, Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces*, ADEME, 334p.

[8] **FELTEN B.** (2010) – *Projet VALIDATE : Vulnérabilité des prairies et des élevages au changement climatique et aux événements extrêmes*, Rapport intermédiaire de la contribution au WP5 « adaptation des fermes d'élevage », INRA, 28p.

[9] **CABALLERO Y., NOILHAN J.** (2003) – *Etude de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin Adour Garonne*, 176p.

[10] **SAUQUET E.** (2009) – *Imagine 2030 : Climat et Aménagements de la Garonne : quelles incertitudes sur la ressource en Eau en 2030 ?*, Agence de l'Eau Adour Garonne, LNHE, 149p.

[11] **DAUBET B., DE MIGUEL MAGANA S., MAURETTE A.** (2007) – *Livre blanc des forêts pyrénéennes ; pour une gestion durable des Pyrénées*, GEIE FORESPIR, 83p.

[12] **AEE** (2009) – *Progress toward the European 2010 biodiversity target*, EEA Report, N°4, 52p.

[13] **AEE** (2010) – *Signaux de l'AEE 2010 : La biodiversité, le changement climatique et vous*, 61p.

[14] **DUQUESNE C.** (2008) – *Observatoire Pyrénéen des effets du réchauffement climatique*, APEM, 60p.

[15] **GENERALITAT DE CATALUNYA, CADS** (2008) – *RISKCAT, Los riesgos naturales en Cataluña*, Informes del CADS, N°6, pp79-150.

[16] **APEM, SIG Pyrénées** : www.sig-pyrenees.net

[17] **Agence de l'Eau Adour Garonne** : www.eau-adour-garonne.fr

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'OBSERVATOIRE

- **Jean-Louis ETIENNE**, explorateur français, Président du Conseil Scientifique
- **Mercè CASALS**, Sociologue, CRES – Centre de Recherche Sociologique (Andorre)
- **José CUADRAT**, Docteur en géographie, Université de Saragosse (Espagne)
- **Marta DOMENECH FERRES**, Ingénieur forestier, CENMA – Centre d'Etudes de la Neige et de la Montagne d'Andorre (Andorre)
- **Jean-Luc DUPOUEY**, Responsable de l'Equipe Phytoécologie forestière, INRA Nancy – Institut National de la Recherche Agronomique (France)
- **Christian ELICHEGARAY**, Chef du département Air, ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France)
- **Pere ESTEBAN VEA**, Climatologue, CENMA – Centre d'Etudes de la Neige et de la Montagne d'Andorre (Andorre)
- **André ETCHOLECOU**, Professeur émérite, UPPA – Université de Pau et des Pays de l'Adour (France)
- **Maria GARCIA FLECHA**, Chef de projet "Changement climatique et biodiversité", IHOBE (Espagne)
- **Hervé LE TREUT**, Directeur de l'Institut Pierre Simon Laplace et de l'ED129 (France)
- **Maria del Carmen LLASAT BOTIJA**, Docteur en physique, UB – Université de Barcelone (Espagne)
- **Josep Enric LLEBOT i BABAGLIATI**, Professeur de physique, UAB – Université Autonome de Barcelone (Espagne)
- **Javier MARTIN VIDE**, Professeur de Géographie Physique, UB – Université de Barcelone (Espagne)
- **Serge PLANTON**, Responsable du groupe de recherche climatique, Météo France (France)
- **Véronique PONT**, Chercheur, Laboratoire d'Aérologie, OMP – Observatoire Midi-Pyrénées (France)
- **Serge RAMBAL**, Ingénieur de recherches, CEFE – Centre Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (France)
- **Pierre RENE**, Glaciologue, Association MORAINES (France)
- **Xavier RODO**, Directeur de l'Institut Catalan des sciences et du climat – IC3 (Espagne)
- **Ernesto RODRÍGUEZ CAMINO**, chef de l'Unité « Evaluation et Modélisation du Climat », AEMET – Agence Etatique espagnole de Météorologie (Espagne)
- **Maria Teresa SEBASTIÁ ÁLVAREZ**, Professeur de Botanique, CTFC – Centre Technologique Forestier de Catalogne (Espagne)
- **Bernard SEGUIN**, Responsable de la Mission "Changement climatique et effet de serre", INRA Avignon – Institut National de la Recherche Agronomique (France)
- **Jean-Michel SOUBEYROUX**, Climatologue, Météo France (France)
- **Antoni Francesc TULLA PUJOL**, Directeur du département de géographie, UAB – Université Autonome de Barcelone (Espagne)
- **Jordi VAYREDA**, Responsable du Système d'Information de la Forêt de la Catalogne, CREAF – Centre de Recherche Ecologique et d'Applications en Foresterie (Espagne)
- **Sergio M. VICENTE-SERRANO**, Chercheur en écologie, IPE/ CSIS – Institut Pyrénéen d'Ecologie/ Conseil Supérieur de Recherche Scientifique (Espagne)
- **Marie-Christine ZELEM**, Maître de conférence, CERTOP – Centre d'Etude et de Recherche Travail Organisation Pouvoir (France)

CONTACT

Communauté de Travail des Pyrénées – CTP
C/ Ramón y Cajal, 7 - Torre del Reloj - E - 22700 JACA
Tel.: +34 974 36 31 00 - Fax: +34 974 35 52 29
www.ctp.org

Secrétariat Général de la CTP
Conseil Régional Midi-Pyrénées
22, boulevard du Maréchal Juin - 31406 Toulouse Cedex 9
Tél : +33 (0)5 61 33 50 50 - Fax : +33 (0)5 61 33 52 66
www.midipyrenees.fr