

changement climatique et agriculture d'élevage en zone de montagne : premiers éléments de réflexion

Claire Sérès

GIS Alpes-Jura, Maison de l'agriculture et de la forêt, 40 rue du Terraillet, 73190 Saint Baldoph

cseres@suacigis.com

Les montagnes confèrent à chaque lieu, chaque vallée, une identité particulière, et donc donnent à la biodiversité des dimensions supplémentaires. En vrac : l'altitude, l'orientation (les fameux adret et ubac qui faisaient le charme des cours de géographie), les effets « orographiques » sur la pluviométrie, des vents particuliers (dont le foehn, la bise, *etc.*), la nature des roches, des terres, des pentes... Certaines stations sont uniques. Ainsi, on ne dit pas « une prairie », mais « une prairie en pente, orientée à l'est, à 900 mètres, sous le pic de Gleize ». Chaque terme compte et promet à cet arpent de terre une évolution particulière dans le cadre du changement climatique. Mais cette importance du fait local, propre à chaque vallée, chaque altitude, ne devra pas faire oublier les facteurs externes d'évolution : les politiques agricoles, les autres secteurs d'activité, *etc.*, que n'ont pas encore pu aborder ces premières réflexions.

Le travail prospectif présenté ici constitue la phase exploratoire du projet ClimAdapt¹ (2008-2010). Notre étude repose sur deux types d'enseignements : d'une part, ceux de la littérature traitant de la question du changement climatique et de ses incidences en zone de montagne et sur l'agriculture ; d'autre part, ceux d'enquêtes conduites auprès d'acteurs locaux portant sur les impacts du changement climatique sur l'agriculture de montagne et les adaptations spontanées mises en œuvre par les agriculteurs sur leur exploitation depuis la sécheresse de 2003.

Introduction

Au cours du XX^e siècle, la terre s'est réchauffée de 0,76°C en moyenne, avec un accroissement notable du réchauffement sur la dernière décennie (GIEC², 2008). La température moyenne globale devrait continuer d'augmenter et les projections climatiques présentées par le GIEC indiquent une augmentation comprise entre 1,1°C et 6,4°C pour la fin du XXI^e siècle, selon les scénarios d'émission (quatrième rapport d'évaluation du GIEC, 2008).

Si, au niveau mondial, le réchauffement climatique génère des réactions en chaîne – modification du régime des précipitations, du régime hydrologique, augmentation de la fréquence de certains événements météorologiques extrêmes, *etc.* – qui affectent l'ensemble des populations, il touche aujourd'hui plus particulièrement les secteurs directement en lien avec les éléments naturels, comme ceux de l'agriculture, de la forêt, de la protection de l'environnement ou encore du tourisme.

1. Ce projet coordonné par le GIS Alpes-Jura traite des stratégies d'adaptation durables que l'agriculture de montagne peut mobiliser face au changement climatique à l'échelle des territoires.

2. Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (ou IPCC)..

D'autre part, la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (1992) précise que certaines zones, dont les zones de montagne, risquent de souffrir plus que d'autres du réchauffement climatique : « les petits pays insulaires, les pays ayant des zones côtières de faible élévation, les zones arides ou semi-arides, les zones sujettes aux inondations, à la sécheresse et à la désertification, ainsi que les écosystèmes montagneux fragiles sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques ».

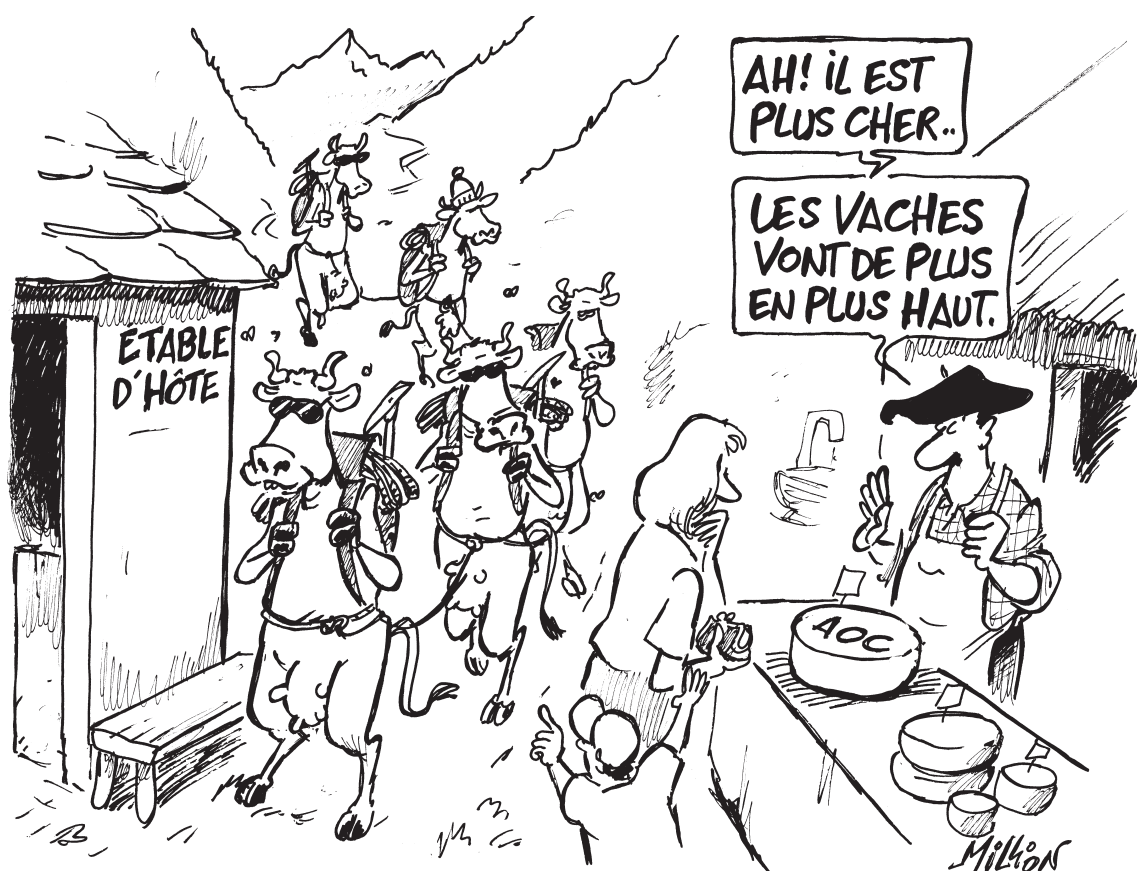
Sur le siècle dernier, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) établit le réchauffement pour les Alpes françaises à $+0,9^{\circ}\text{C}$, soit un réchauffement au dessus de la moyenne planétaire ($0,76^{\circ}\text{C}$), mais équivalent à la moyenne nationale ($0,9^{\circ}\text{C}$). Les mesures enregistrées ne permettent pas de vérifier un réchauffement plus marqué à l'échelle de la chaîne alpine française. Alors que la magnitude du réchauffement est plus forte pour d'autres pays alpins comme la Suisse ou l'Allemagne (ONERC, 2005 et 2006), le choix des Alpes françaises comme échelle d'étude du réchauffement climatique présente un intérêt sur le plan national, essentiellement de par leurs spécificités géomorphologiques. En effet, nous faisons l'hypothèse que ces spécificités vont fortement conditionner la nature et l'ampleur des retombées économiques, écologiques mais aussi sociales liées au changement climatique. L'autre critère important est celui de la valeur écologique attribuée aux écosystèmes de montagne, parfois fragiles, qui, compte tenu de l'accélération du réchauffement climatique, pourraient être menacés avant d'autres. Dans ce contexte, réfléchir dès aujourd'hui à la manière dont les activités humaines et les écosystèmes des Alpes vont pouvoir s'adapter s'impose : « Pour faire face au changement climatique, les sociétés vont devoir agir sans attendre car la mise en oeuvre de stratégies d'adaptation dans les années à venir risque de devenir de plus en plus problématique. Les sociétés les plus menacées, comme celles des zones de montagne, disposent d'un délai encore plus réduit et la mise en oeuvre de stratégies d'adaptation doit se faire en priorité dans ces territoires » (ClimChAlp, 2007).

Nous proposons ici de faire un état des lieux de la question du changement climatique dans les Alpes et de ses incidences sur l'agriculture, à partir de la bibliographie existante et d'entretiens d'acteurs de terrain et de chercheurs (agronomes, climatologues). Cet état des lieux, analysé et discuté, permettra ensuite une réflexion sur l'adaptation de l'agriculture au changement climatique.

L'agriculture alpine et la gestion des prairies : des enjeux socio-économiques et environnementaux indissociables

Dans les Alpes du Nord et le haut Jura, les prairies permanentes et les prairies d'alpages sont la base de l'alimentation des troupeaux d'une agriculture principalement orientée vers l'élevage bovin laitier (Fleury *et al.*, 2003). Ces prairies, entretenues par les agriculteurs, constituent le pilier de l'économie agricole de montagne. La bonne gestion de ces prairies permet en effet à la fois le maintien d'une agriculture d'élevage, durable et de qualité (produits sous AOC) et le maintien d'actifs agricoles. Or, en zone de montagne, agriculture et développement territorial sont souvent étroitement liés. L'agriculture de montagne constitue un élément d'attractivité pour les territoires alpins, en contribuant à l'entretien des paysages, à l'approvisionnement de marchés locaux en produits de terroir ainsi qu'à l'animation locale et patrimoniale de la montagne (nombre d'agriculteurs assurent des services d'accueil à la ferme, mettent en place des gîtes ruraux et sont souvent moniteurs dans les stations de ski l'hiver).

Pour les écologues, les prairies et zones pastorales ont longtemps été considérées comme de « simples » espaces humanisés, sans intérêt écologique particulier. Elles sont désormais reconnues pour leur valeur écologique et par les acteurs de l'environnement en tant « qu'espaces naturels à protéger ou tout au moins à gérer du fait de la présence d'espèces rares, de leur originalité floristique (habitats d'intérêt communautaire) ou de leur place dans l'organisation du paysage » (Fleury *et al.*, 2003). Mieux encore, les prairies de montagne, de par la taxonomie originale de leur végétation, offrent un intérêt écologique particulier, exceptionnel dans certains cas : « ce sont la diversité des roches et des sols alpins, une grande amplitude altitudinale, les effets d'adret et d'ubac, des

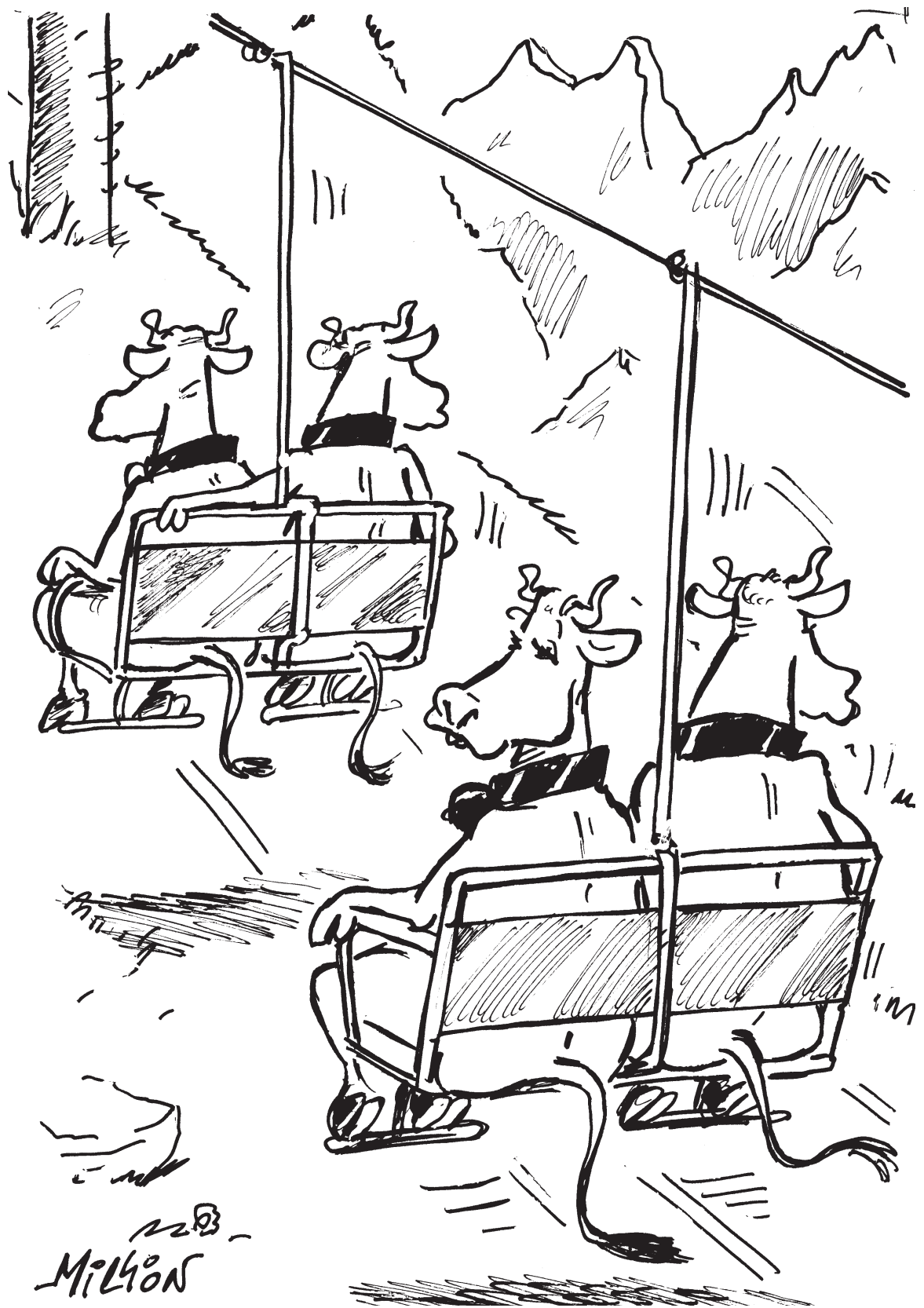


précipitations très variables qui génèrent en montagne une très grande variété d'espèces floristiques et faunistiques adaptées morphologiquement et génétiquement à l'altitude » (Masson *et al.*, 2000). Selon Dorioz *et al.* (1999), l'originalité de la taxonomie de la végétation alpine dans les Alpes du Nord est conjointement liée aux facteurs historiques et biogéographiques (origine et migration des espèces) et au caractère sélectif de l'environnement physique. D'autre part, les pratiques agricoles jouent également un rôle dans la conservation de ces espèces végétales (mais aussi animales). Le caractère extensif des pratiques d'élevage dans les Alpes, notamment en alpages, garantit assez bien la conservation de ces espèces, alors qu'une gestion plus intensive des prairies modifie cet équilibre (Dorioz *et al.*, 1999).

Finalement, alors que 25% des prairies ont disparu en Europe depuis les années 1970 et que la richesse en espèces des prairies temporaires tend globalement à diminuer avec l'implantation relativement systématique de ray-grass ou de trèfles, les prairies permanentes des zones de montagne constituent des zones refuges à préserver pour leur diversité biologique, végétale et animale, naturelle et semi-naturelle.

Changement climatique dans les Alpes et incertitudes pour l'agriculture

Nous l'avons vu, les scientifiques s'accordent aujourd'hui sur des scénarios de réchauffement de la planète compris entre +1,1°C et +6,4°C sur le siècle à venir, avec une vitesse de réchauffement plus marquée depuis 1990. Avec un réchauffement moyen estimé à +0,9°C à l'échelle des Alpes françaises sur les cent dernières années et des modifications dans le régime des pluies en volume comme dans le temps et dans l'espace, les conditions de vie des espèces sont perturbées.



En zones de montagne, les enjeux sont à nouveau spécifiques, puisque les modèles prévoient que pour un réchauffement de +1°C, la biodiversité devrait théoriquement se déplacer de 150 m en altitude, contre 180 km vers le nord en plaine (Seguin, 2007). En d'autres termes, le déplacement des conditions de vie des espèces³ sera plus vite perceptible et enregistré en montagne qu'ailleurs. De manière générale, si la capacité d'adaptation des espèces à leurs nouvelles conditions de vie va être déterminante pour leur survie, dans les espaces montagneux, leur adaptation renvoie en particulier à leur capacité à migrer rapidement en altitude. Or, compte tenu de la richesse floristique et faunistique des Alpes, cette spécificité mérite d'être prise en considération de manière anticipée afin d'éviter les dommages associés à la disparition d'espèces rares (propres aux écosystèmes de montagne) ou protégées (288 espèces végétales rhône-alpines supplémentaires à la liste nationale du Conservatoire botanique national sont classées « espèces protégées »⁴).

D'autres études agronomiques, comme les travaux menés à l'INRA de Clermont-Ferrand (Soussana, 2007) ont permis d'expérimenter l'effet du réchauffement sur la productivité des prairies. Les résultats illustrent la variabilité des effets du réchauffement selon l'état des prairies, les pratiques agricoles et la disponibilité en eau : avec une ressource en eau non limitante, la productivité des prairies entretenues et fertilisées augmenterait de 5 à 15%. Accompagné d'un déficit en pluies, le réchauffement va, au contraire, générer une baisse de la productivité des prairies, y compris les mieux entretenues. La modification de la composition des prairies a également été mise en évidence, avec un développement plus important des légumineuses au détriment des graminées.

Les modifications climatologiques, les déplacements de conditions de vie des espèces, les variations de productivité et de composition des prairies vont directement jouer sur l'agriculture alpine, ses conditions de production et sa plasticité. Néanmoins, une des difficultés importante de l'exercice consiste à traduire des données globales ou issues d'expérimentations, à un niveau qui prenne en compte les facteurs locaux (micro-climatologie, relief, orientation, couvert végétal, etc.).

Plus précisément, les travaux sur l'évolution du climat menés par le GIEC sont conduits à l'échelle mondiale et décrivent des phénomènes globaux. Néanmoins, ces modèles climatiques ont des résolutions spatiales qui ne permettent pas de rendre compte précisément de l'évolution locale du climat. Les résultats de ces modèles permettent donc mal d'anticiper les incidences locales du changement climatique sur les activités humaines et sur l'ensemble des composantes environnementales et sont difficilement mobilisables en l'état, pour l'élaboration de réflexions sur les stratégies d'adaptation à mettre en place localement.

Des données régionales et locales sur l'évolution climatique sont néanmoins disponibles, à partir d'un travail de « régionalisation » des modèles globaux, dit de désagrégation spatiale des données ou « downscaling ».

Néanmoins, l'échelle régionale ne rend pas compte des conditions particulières des milieux qui conditionnent les climats (relief en montagne notamment) – et auxquelles l'agriculture est soumise – alors que « les différents scénarios locaux donnent des plages de variation qui restent importantes, jusqu'à plusieurs degrés » (Dubois et Ceron, 2006).

Pourquoi une étude prospective ?

L'un des enjeux de l'étude prospective conduite ici consiste à faire un état des lieux, d'une part, des grandes tendances caractérisant le changement climatique dans les Alpes et, d'autre part, de ses incidences sur l'agriculture alpine d'élevage. La première partie de l'étude consiste en un tour d'horizon de la littérature sur le changement climatique à une échelle globale et dans les Alpes, exclusivement sur les facteurs de températures et de pluviométrie. La seconde partie s'appuie sur des

3. Les espèces devront alors soit s'adapter sur place à de nouvelles conditions de vie, soit migrer « avec » leurs conditions de vie, soit disparaître.

4. Arrêté du 4 décembre 1990 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Rhône-Alpes complétant la liste nationale, NOR : ENVN9061670A, Journal officiel du 29 janvier 1991, voir <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000505962&categorieLien=cid>.

entretiens conduits auprès d'experts sur les incidences du changement climatique sur l'agriculture (deux experts du GIEC), de chercheurs en agronomie travaillant sur certains aspects du changement climatique et d'ingénieurs des chambres d'agriculture et des parcs naturels régionaux, confrontés sur le terrain à ces questions.

L'objet final de ce travail consiste, à partir de l'état des connaissances sur le sujet, des retours d'expériences mais aussi des perceptions de différents acteurs, à identifier les problèmes majeurs que posera dans les Alpes le changement climatique, ainsi que les défis à relever pour demain en termes d'adaptation.

Le champ de l'étude bibliographique

Les sources bibliographiques utilisées sont diverses. En ce qui concerne les aspects purement climatologiques, nous nous sommes exclusivement appuyée sur les articles scientifiques disponibles et notamment de la base de données bibliographiques ClimChAlp⁵. Quant aux impacts du changement climatique sur les systèmes de production agricoles, nous avons élargi la recherche aux articles techniques et rapports d'études.

Le travail de recherche bibliographique a croisé trois domaines d'étude :

- les travaux relatifs au changement climatique et à l'agriculture consacrés aux impacts sur les systèmes de cultures et les systèmes d'élevage (à l'échelle nationale et européenne) ;
- les travaux consacrés aux changements climatiques et aux espaces montagneux qui traitent des impacts du changement climatique sur la biodiversité spécifique, l'enneigement, l'hydrologie, le tourisme, *etc.*, en zone de montagne ;
- les travaux plus spécifiques (mais plus rares) relatifs au changement climatique et à l'agriculture de montagne, qui traitent du lien entre changement climatique, pratiques agricoles et pastorales et biodiversité prairiale.

À ce stade, l'objet du travail est à la fois de préciser les enjeux et questions posées pour l'agriculture et de faire le point sur les spécificités de l'espace alpin vis-à-vis du changement climatique.

Entretiens individuels auprès d'experts agricoles ou agro-climatologues

À partir des premiers éléments de lecture, une grille unique a été conçue pour la conduite des entretiens. Ceux-ci ont été menés dans le Jura, les Alpes du Nord et le nord des Alpes du Sud, auprès de sept structures différentes, dont les chambres d'agriculture de Savoie, d'Isère et des Hautes-Alpes, le service d'économie agricole de la Savoie, les parcs naturels régionaux du Vercors et du haut Jura, le Parc national des Écrins, l'Institut national de la montagne, l'INRA d'Avignon, de Clermont-Ferrand et de Thonon-les-Bains et l'université de Grenoble (voir fig. 1, étape 2).

Les informations recensées portent sur :

- les spécificités de l'agriculture alpine : opportunités, contraintes, lien avec la gestion forestière, les espaces et espèces protégés, *etc.* ;
- les spécificités de l'espace alpin vis-à-vis du changement climatique : climatologie, pression sur les ressources naturelles, les espaces protégés, *etc.* ;
- les effets du changement climatique sur l'agriculture alpine : pratiques, systèmes et modes de production ;
- les enjeux majeurs autour de la question énergétique et notamment d'émissions de gaz à effet de serre par l'agriculture alpine ;
- les impacts environnementaux directs et indirects liés au changement climatique, dont ceux sur l'eau ;
- les problématiques essentielles à retenir à l'échelle de l'arc alpin.

L'intérêt de la démarche, à ce stade, porte sur la diversité des points de vue sur ces questions – que ce soit en termes de niveau de connaissance, de perception ou de retour d'expériences.

5. ClimChAlp (Interreg III Alpine Space) : www.risknat.org/projets/climchalp_wp5/base_climchalp.html

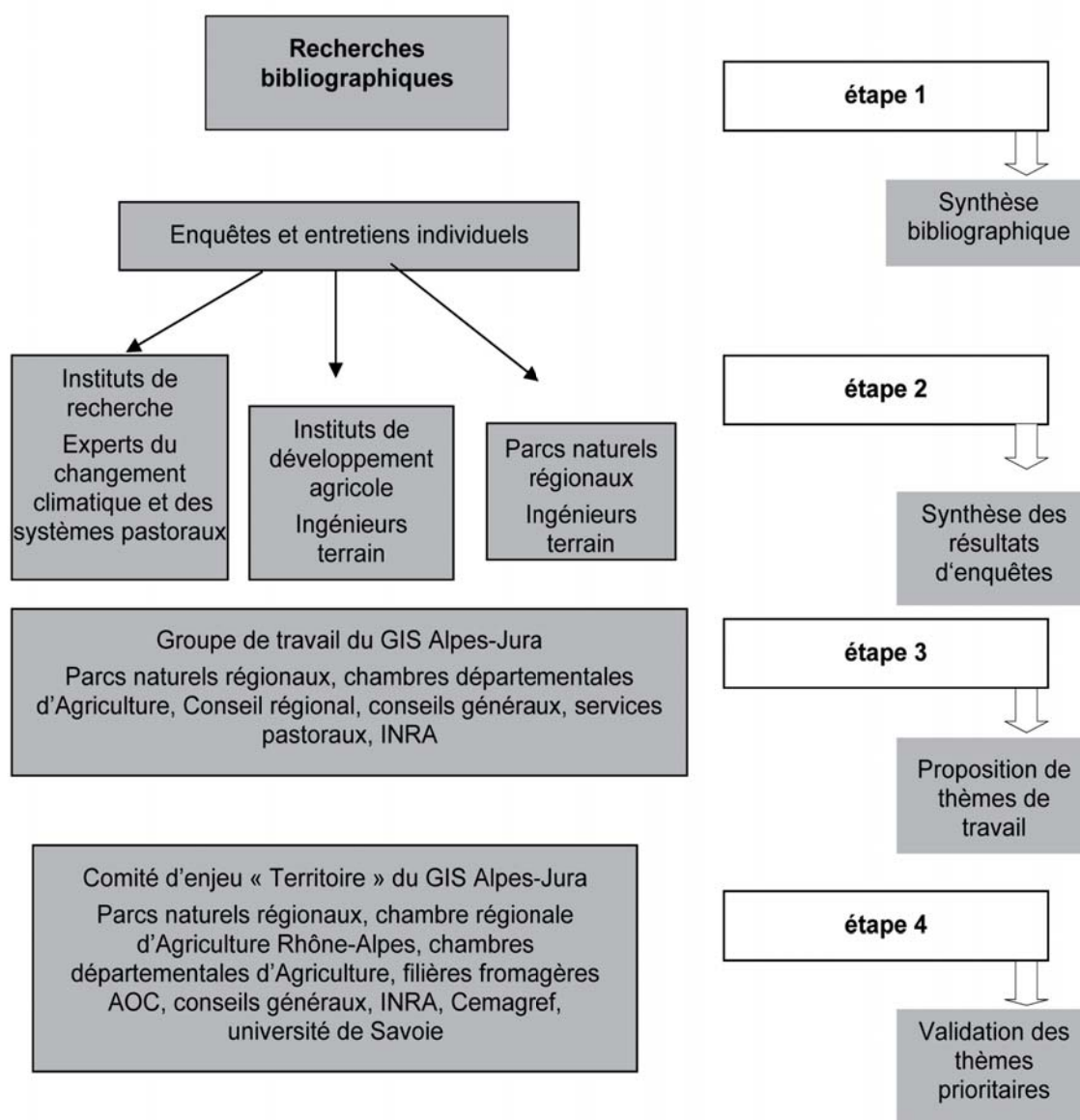


Figure 1. Démarche suivie pour la validation des thèmes prioritaires sur le thème « Changement climatique et agriculture alpine ».

En effet, la richesse des témoignages a permis, d'une part, de préciser les évolutions aujourd'hui clairement identifiées sur la question du changement climatique et de l'agriculture et, d'autre part, de révéler, mais de manière non exhaustive, la diversité des problématiques locales, associées exclusivement ou non à la question du changement climatique.

Choisir les thèmes prioritaires : une démarche concertée

Dans un premier temps, la synthèse des résultats d'enquêtes est remise aux membres d'un groupe de travail « climat, eau, énergie » du GIS Alpes-Jura, constitué de représentants des chambres d'agriculture, des parcs régionaux, des services pastoraux de montagne, de chercheurs et de décideurs publics (conseils régional et généraux). Les résultats de l'enquête sont dans un second temps

discutés et débattus par le groupe. Ce travail aboutit à la formulation des thèmes et angles d'approche à retenir, proposés comme priorités pour l'espace alpin (fig. 1, étape 3).

Une grille récapitulative, reprenant les éléments de la synthèse bibliographique, les résultats d'entretiens, ainsi que la restitution des propositions du groupe de travail, est en dernière phase présentée au Comité d'orientation de l'enjeu « Territoire » du GIS, qui valide les travaux prioritaires à mettre en œuvre (fig. 1, étape 4).

Les enseignements de la bibliographie

La restitution des tendances d'évolution climatologiques présentées dans les tableaux 1 et 2 correspond aux tendances les plus fréquemment citées dans la littérature scientifique. Les chiffres proposés sont ceux du GIEC, de l'ONERC ou issus des travaux de l'université de Genève (chaire de climatologie). Les tendances décrites dans les tableaux ne sont pas exhaustives. D'une part, nous nous sommes cantonnée aux facteurs climatologiques les plus déterminants et les plus simples d'accès pour l'agriculture : la température et la pluviométrie ; d'autre part, nous avons considéré les études à « spectre large », les résultats des travaux conduits localement fournissant un panel de réponses spécifiques, difficiles à intégrer à ce stade.

Le tableau 1 ci-contre propose une restitution des tendances d'évolution des températures pour les Alpes françaises⁶. Les résultats traduisent les évolutions passées (« observations, mesures ») et celles à venir sur le XXI^e siècle (« modélisation, prévisions ») ; ils sont chaque fois organisés en « considérations générales », c'est-à-dire valables pour l'ensemble de l'arc Alpin, ou « considérations spécifiques », c'est-à-dire qu'ils sont susceptibles d'être déclinés localement de manière différente (fréquence et intensité).

Le réchauffement déjà perceptible depuis quelques années fait du facteur « température » le facteur déterminant aujourd'hui pour le secteur agricole. Déterminant parce qu'il joue d'ores et déjà sur la phénologie des plantes et qu'il induit, *a minima*, des modifications des calendriers de cultures ; déterminant parce que les scénarios d'émissions du GIEC convergent et prévoient tous, d'ici 2030, une accélération de ce réchauffement, et ce quelles que soient les options prises pour l'atténuer.

Contrairement à la température, l'évolution de la pluviométrie se caractérise par une grande variabilité des résultats dans le temps, dans l'espace et suivant les scénarios de réchauffement testés. Le tableau 2 ci-contre présente quelques grandes lignes directrices sur les modifications des régimes des pluies pour les Alpes françaises.

Il est important de noter que les baisses de pluviométrie annuelles ont parfois une incidence sur les réserves en eau utilisables pour les écosystèmes, l'irrigation des cultures et, dans certains cas, la consommation en eau potable ; alors que les modifications de saisonnalité des pluies vont, elles, davantage influencer sur les rendements des cultures et des prairies non irriguées.

Par ailleurs, l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes, avec à la fois, un accroissement des phénomènes de fortes précipitations mais aussi des périodes de sécheresses semble bien établie par les climatologues et constitue un facteur supplémentaire non négligeable de perturbation des systèmes naturels et anthropiques, avec un accroissement des risques naturels.

La question du changement climatique et de ses incidences sur l'agriculture de montagne est donc une question à plusieurs entrées. Concrètement, nombre de facteurs locaux externes et internes à l'exploitation vont venir modifier la nature et l'intensité des incidences liées aux évolutions climatologiques. À titre d'exemple, le relief mais aussi l'exposition adret ou ubac sont des facteurs d'influence pour lesquels des recherches sont conduites, notamment par l'INRA d'Avignon (unité Agroclim). Les travaux de la Mission Changement climatique et effet de serre (MICCES) de l'INRA montrent que la stimulation de la végétation, induite par le réchauffement, sera plus forte au-delà de 1000 m qu'en deçà (Juin *et al.*, 2004). D'une manière générale, ces travaux nous enseignent que

6. Selon des études internationales (IPCC), nationales (ONERC) ou régionales (France et Suisse).

Tableau 1. Tendances d'évolution des températures pour les Alpes les plus fréquemment citées dans la bibliographie.

	Températures	
	Considérations générales	Considérations spécifiques
Observations et mesures	Les Alpes connaissent un réchauffement climatique : les 15 dernières années ont été parmi les plus chaudes des derniers 500 ans.	Le relief joue un rôle particulier : en été, le réchauffement est plus marqué en altitude ; en hiver, le constat s'inverse.
	Le réchauffement est identique à la moyenne nationale : +0,9 °C sur les 100 dernières années.	L'isotherme 0°C remonte en altitude depuis 1988 (variable selon zone).
	La vitesse du réchauffement s'accélère depuis 1990.	Les « anomalies hivernales » (température maximale journalière excédant +10°C) sont plus fréquentes.
Modélisation et prévisions pour le XXI^e siècle	L'augmentation de la moyenne annuelle des températures minimales journalières devrait être plus marquée que sur le reste du territoire national : + 2,3 à 2,7°C pour le scénario B2 et 3 à 3,5°C pour le scénario A2*.	La magnitude du réchauffement varie selon les facteurs locaux (relief, latitude, couvert végétal et minéral, etc.).

* Scénarios A2 et B2 du GIEC, définis à l'adresse : <http://www.ipcc.ch>

Tableau 2. Tendances d'évolution de la pluviométrie pour les Alpes les plus fréquemment citées dans la bibliographie.

	Pluviométrie	
	Considérations générales	Considérations spécifiques
Observations et mesures	Variabilité des évolutions sur les 100 dernières années : +20 à 30% de pluies en hiver dans les parties occidentales et - 20 à 40% dans le sud des Alpes.	Variabilité des précipitations de neige : augmentation dans certaines zones, à haute altitude entre 1931 et 2000 ; stabilité dans d'autres zones.
	Augmentation du nombre de phénomènes extrêmes, avec des répercussions sur l'écoulement des eaux, la formation de la nappe phréatique et la quantité d'eau dans le sol.	
Modélisation et prévisions pour le XXI^e siècle	Grande variabilité des résultats selon le scénario de réchauffement (A2 ou B2) et prévisions complexes de par l'influence de la topographie.	Sécheresses estivales plus marquées avec une diminution des précipitations hivernales (scénario A2).
	La fréquence des périodes à fortes précipitations (>70mm/jour) devrait augmenter.	Augmentation des précipitations en hiver et baisse en été (scénario B2).
	Les périodes de sécheresse risquent d'être plus fréquentes.	

la spécificité des milieux et des espèces, leur capacité à s'adapter au changement climatique et leur rôle dans les écosystèmes sont des facteurs importants dont il faudra tenir compte dans les études d'impacts.

Les impacts du changement climatique sur les systèmes de production agricoles alpins

Les entretiens conduits dans le cadre de l'étude prospective ont permis de révéler certains éléments spécifiques liés aux effets du changement climatique sur l'agriculture alpine. Il convient de préciser, à ce stade, que les éléments présentés ne sont pas exhaustifs et permettent seulement d'illustrer les situations les plus connues et celles jugées les plus représentatives.

Ainsi, la plupart de nos interlocuteurs se réfèrent à la sécheresse de 2003 comme point de départ d'une succession d'années plus chaudes et sèches, généralement jusqu'en 2006. Parmi les impacts du changement climatique les plus fréquemment cités, on retrouve la baisse de rendements des productions fourragères et des prairies naturelles, la prolifération de certains ravageurs, campagnols, sauterelles, *etc.*, l'apparition et le développement de nouvelles maladies sur les bovins, comme la fièvre catarrhale, et de nouveaux problèmes d'approvisionnement en eau, pour le bétail en alpage notamment, avec le tarissement de sources anciennes.

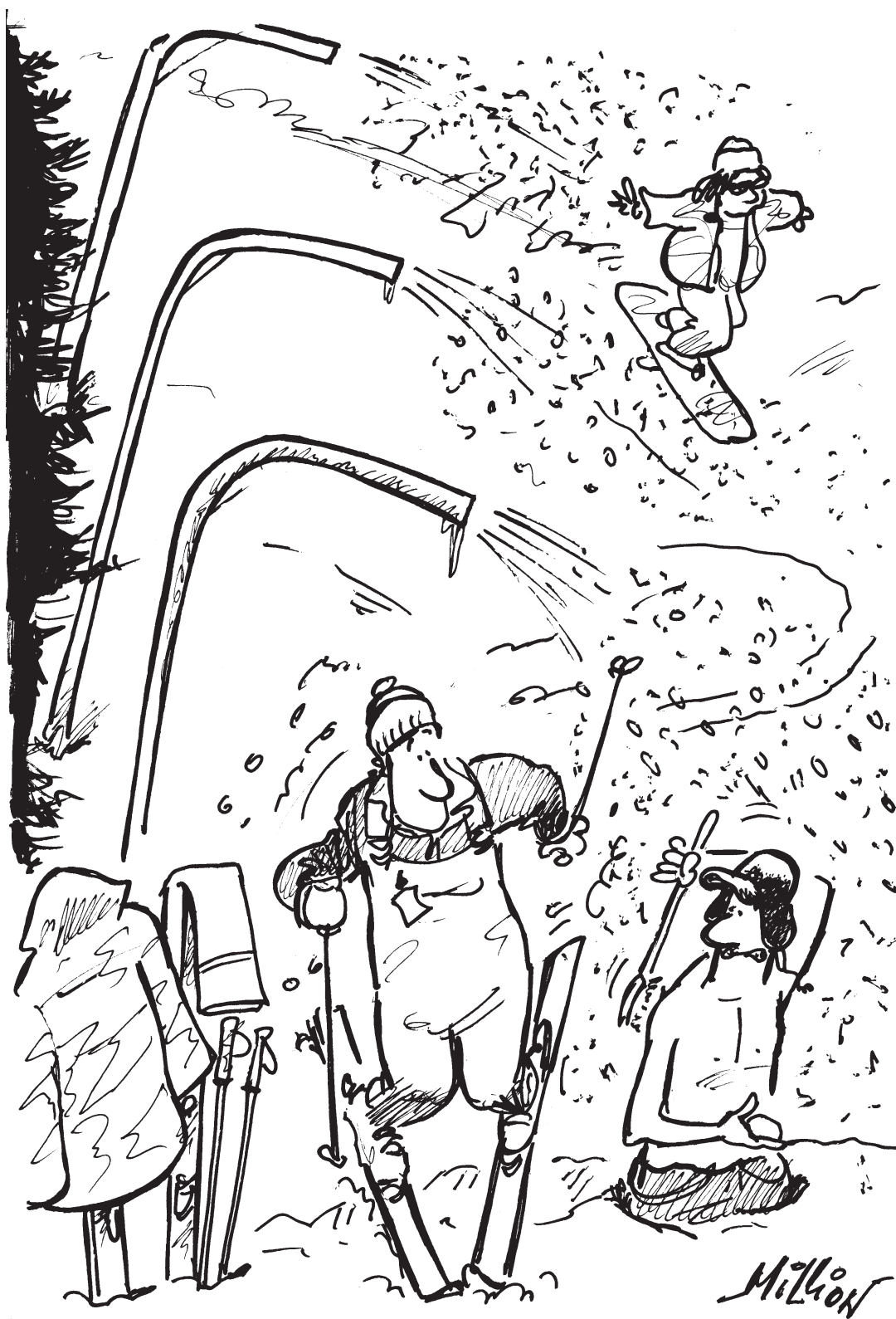
Pour autant, ces effets ne sont pas de même nature ou ne sont décrits avec la même intensité pour toutes les zones de l'arc alpin. Les prairies naturelles des zones humides du haut Chablais, en Haute-Savoie, et du massif du Jura, qui ont jusqu'à présent peu souffert de sécheresses, semblent plus qu'ailleurs dégradées par des invasions de campagnols, alors que les zones les plus sèches de la zone (par exemple, en haute Maurienne ou dans les Hautes-Alpes) tentent de faire face aux problèmes de gestion d'eau (pour l'irrigation ou l'abreuvement du bétail) et réfléchissent en même temps à optimiser la gestion des prairies naturelles par l'introduction d'espèces résistantes à la sécheresse notamment.

Les années 2007 et 2008, marquées par de fortes précipitations jusqu'en juin-juillet, modifient encore une fois la lecture du climat par les acteurs locaux : pour certains, ces années illustrent le caractère aléatoire de ce « nouveau » climat ; pour d'autres, c'est le retour à climat plus « normal » qui s'opère, les quatre années de « sécheresse » faisant alors figure d'exception. Pourtant les agriculteurs ont dû faire face, ces deux années-là, à de nouvelles baisses de rendements fourragers... mais pour excès d'eau, cette fois-ci !

Finalement, nous choisissons de retenir deux éléments-clés contradictoires : le premier est que les effets perceptibles des dernières modifications climatiques rendent la préoccupation concrète et réelle pour nombre d'acteurs présents sur les territoires. Les prises de conscience se font ici et là et les acteurs du monde agricole tentent déjà d'intégrer et de pallier les effets des modifications climatiques sur les productions agricoles. Le second élément clé est que le caractère chaotique de ce « nouveau » climat renforce en même temps la position de ceux qui nient ou minorent l'évènement en l'associant à de « simples » aléas climatiques – posture compréhensible, d'autant que les agriculteurs font face à un contexte économique difficile et incertain, mais somme toute peu compatible avec une réflexion sur l'adaptation au changement climatique à moyen terme.

Des adaptations agricoles au « coup par coup », selon le niveau d'exposition des territoires

Les évolutions climatologiques déjà constatées génèrent des adaptations « spontanées » de la part de nombreux agriculteurs. Nos résultats montrent en effet que le secteur agricole tente de s'adapter au réchauffement climatique au « coup par coup ». Par exemple, la baisse des rendements fourragers enregistrée depuis la sécheresse de 2003 fragilise l'équilibre des exploitations d'élevage. Les agriculteurs tentent de maintenir l'autonomie fourragère de leurs exploitations en allongeant la



Alpes : aura-t-on de la neige ET de l'eau à Noël ?

période d'estive, en « ré-investissant » de nouvelles terres agricoles jusque-là peu ou pas utilisées, en introduisant des espèces prairiales plus résistantes à la sécheresse (luzerne) ou encore en développant l'irrigation sur des terres jusqu'alors non irriguées.

En définitive, ces adaptations semblent se mettre en place de manière différenciée selon le niveau d'exposition au changement climatique des territoires : les zones alpines les plus touchées par la succession d'années sèches et qui ont un accès limité à la ressource en eau (certains secteurs du nord des Alpes du Sud ou de la haute Maurienne par exemple) sont celles dont les écosystèmes sont devenus les plus vulnérables. Plus contraints, les producteurs de ces zones sont aussi plus enclins à innover pour permettre le maintien des activités agricoles avec de nouvelles variétés, de nouvelles espèces ou de nouvelles pratiques.

Symétriquement, les producteurs des territoires moins affectés par les effets du réchauffement climatique et disposant d'un accès à la ressource en eau encore suffisant réfléchissent davantage à des ajustements qu'à la mise en place de véritables innovations. Ces ajustements ne seront pourtant pas sans incidences pour l'agriculture et les territoires : le renforcement de l'irrigation risque de générer des pressions supplémentaires sur la ressource en eau ; l'achat de fourrages comme complément alimentaire, qui répond à une baisse de l'autonomie fourragère, peut représenter à terme une menace sur le maintien de produits AOC (le cahier des charges AOC Reblochon impose par exemple une autonomie fourragère à 70%).

Dans ce contexte, un gradient de situations devrait voir le jour. Ce constat est renforcé si l'on tient compte des adaptations des autres services ruraux : les régions les plus attractives vis-à-vis du tourisme d'hiver et qui ont développé une économie axée sur les stations de ski développent la construction de nouvelles retenues collinaires destinées à la production de neige de culture. Or, si un certain nombre de collectivités réfléchissent à la mise en place d'une gestion concertée de ces aménagements, pour satisfaire à la fois les besoins du tourisme et ceux des acteurs agricoles et des habitants, il n'en reste pas moins que certains de ces aménagements sont à même de créer une pression supplémentaire sur la ressource en eau, notamment pour les usagers et écosystèmes de l'aval.

Aujourd'hui, les adaptations des acteurs locaux pour répondre aux premiers effets du changement climatique s'apparentent encore souvent à des solutions localisées et ponctuelles. Pour maintenir leurs activités et revenus⁷, les différents acteurs ruraux cherchent plus à contourner les nouvelles contraintes générées par le changement climatique qu'à repositionner leurs projets dans la durée.

Quels axes pour la recherche sur la question du changement climatique dans les Alpes ?

Ces premiers résultats, soumis aux débats et discussions des différents groupes d'experts, ont permis de dégager deux des enjeux forts auxquels l'agriculture alpine doit répondre, compte tenu des modifications climatiques actuelles et à venir.

Développer la flexibilité des systèmes de production agricoles

Le premier enjeu consiste à réfléchir au développement de la flexibilité des systèmes de production agricoles. L'objectif est double : il s'agit d'abord d'identifier les marges de manœuvre – existantes et potentielles – dont dispose l'agriculture alpine pour faire face aux modifications climatologiques. Il s'agit aussi de proposer des adaptations durables et intégrées à l'échelle des territoires, à même de limiter les éventuelles nouvelles tensions sur les ressources naturelles qui pourraient naître d'adaptations spontanées, non coordonnées entre elles.

Pour l'agriculture en général et l'agriculture de montagne en particulier, la question de l'adaptation au changement climatique s'inscrit dans des contextes économiques et réglementaires très

7. Mais aussi parce qu'il est complexe pour les acteurs et collectivités locales d'opérer les choix de demain, compte tenu des incertitudes climatiques et de leurs propres contraintes budgétaires.

contraignants. Aussi l'identification de marges de manœuvre pour faire face aux évolutions climatiques doit se faire sous la contrainte des évolutions actuelles et à venir du contexte qui régit l'activité agricole : révision de la politique agricole commune à horizon 2013, augmentation du cours des matières énergétiques fossiles, baisse des cours de certains produits laitiers, etc. Celles-ci sont à la fois sources d'incertitudes et d'inquiétude (supplémentaires) pour l'exploitant et il s'agit d'anticiper pour les uns, de vérifier pour les autres dans quelle mesure elles ne vont pas venir contrarier la recherche de flexibilité nécessaire à l'adaptation au changement climatique. Réciproquement, certaines évolutions vont être propices à plus de flexibilité et pourront aussi « servir » de leviers pour s'adapter au changement climatique (extensification des systèmes, diversification des assolements par exemple).

Sur un plan plus local, les exploitations d'élevages des Alpes du Nord et du Jura se caractérisent par une production de fromages labellisés de qualité (AOC ou IGP) qui repose sur des systèmes à l'herbe, quasiment autonomes en fourrage. Si les filières sous signe de qualité permettent de différencier économiquement les productions locales, leur cahier des charges constitue un cadre supplémentaire qui « borne » les pratiques liées à la production et à la transformation. Sans incriminer le fonctionnement de ces systèmes, il convient d'intégrer les spécificités locales – les signes de qualité ne sont qu'un exemple parmi d'autres – pour réfléchir à la meilleure façon d'adapter l'agriculture au changement climatique et de repérer les limites entre flexibilité des systèmes de production et exigences des produits. Enfin, la recherche de flexibilité ne suffira pas si elle est conduite à l'échelle des exploitations ; elle doit aussi se faire à tous les niveaux d'organisation de l'agriculture, que ce soit au niveau des filières et des territoires ruraux.

**Maîtriser et partager
la ressource en eau**

C'est le deuxième enjeu fort identifié par les différents groupes de travail. L'une des préoccupations majeures de l'agriculture est en effet de sécuriser l'accès à l'eau, que ce soit pour les troupeaux ou les cultures.

Or, depuis plusieurs années, le rehaussement des températures et la modification des répartitions annuelles des pluies génèrent localement des situations de déficit hydrique pour les cultures (augmentation de l'évapotranspiration) et des difficultés d'accès à l'eau pour les troupeaux en alpage (tarissement de sources anciennes et fonte accrue des glaciers en été).

D'autre part, la demande en eau a tendance à croître en zone de montagne, de par notamment l'augmentation démographique, les besoins des écosystèmes naturels et l'ensemble des autres usages spécifiques : production d'énergie, production de neige de culture, développement du tourisme, etc. La question du partage de l'eau est, dans le contexte actuel,



incontournable puisqu'elle nécessite un travail d'anticipation indispensable au vu des évolutions climatiques à venir. Des lieux de concertation existent déjà (notamment dans le cadre des SAGE et SDAGE), mais il convient aujourd'hui de prendre en compte des incidences du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau, les adaptations en cours et à venir des différents secteurs d'activités mais aussi l'évolution des besoins des écosystèmes naturels.

Conclusion et perspectives

La question de l'adaptation de l'agriculture au changement climatique est complexe. D'une part, elle nécessite d'appréhender le changement climatique, non pas comme une question en soi, mais comme un des facteurs externes qui pèse sur les systèmes de production (avec la politique agricole commune, le cours des marchés, la pression foncière liée à l'urbanisation, *etc.*). D'autre part, la question de l'adaptation est relative à la nature et l'intensité des changements. Si ceux-ci sont de mieux en mieux connus globalement, il reste de grandes incertitudes quant à leur déclinaison au niveau local, aux incidences qu'ils auront sur les écosystèmes.

Cette situation nécessite une appréhension locale des problèmes générés par les évolutions climatiques. L'identification des risques mais aussi des marges de manœuvre sur des territoires homogènes du point de vue de leur exposition au changement climatique constitue bien un des préalables à un travail d'expertise efficace. Or, nous l'avons vu, la « régionalisation » des modèles de prévisions climatiques est complexe, exigeante en temps et en données. Mais cet aspect ne constitue pas l'unique frein à un travail sur l'adaptation de l'agriculture. Les incertitudes importantes évoquées sur les évolutions climatiques en termes d'ampleur, de fréquence et de localisation permettent encore aujourd'hui une grande liberté dans la perception du problème. La construction d'une réflexion sur l'adaptation des activités humaines paraît aujourd'hui indissociable d'actions de sensibilisation à destination des acteurs locaux, mais également des décideurs.

Enfin, nous l'avons vu, les réflexions sectorielles sur l'adaptation au changement climatique ne peuvent suffire à la proposition de nouveaux schémas de développement durable. La prise en compte à l'échelle des territoires, d'éléments de réflexion inter-sectoriels constitue un gage majeur de réussite dans l'adaptation de l'agriculture, comme la gestion concertée de la ressource en eau ou encore la question du développement du tourisme et de l'attractivité des territoires ■

Remerciements

Les résultats de ce travail sont issus d'une étude prospective conduite dans le cadre du Groupement d'intérêt scientifique Alpes-Jura. Je tiens tout particulièrement à remercier Jean-Marcel Dorioz (INRA Thonon-les-Bains) pour ses corrections et ses précieux conseils. Je remercie également tous les relecteurs de cet article, dont Bernard Seguin (INRA d'Avignon) et Anne-Marie Lagoutte (chambre d'agriculture de Savoie). Enfin, un grand merci à tous les participants de l'enquête pour leur disponibilité et la qualité de leurs retours.

Références bibliographiques

- ALPERT P., BEN-GAI T., BAHARAD A., BENJAMINI Y., YEKUTIELI D., COLACINO M., DIODATO L., 2002. The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters*, 29(11), 31.1-31.4
- AMIGUES J.P., DEBAEKE P., ITIER B., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU F., THOMAS A., 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Rapport d'expertise scientifique collective, INRA, Paris, 380 p. + annexes.
- BÁRDOSY A., ANAGNOSTOPOULOU C., CACCIAMANI C., CASPARY H., FREI C., GOODESS C., HAYLOCK M., 2003. Trends in extreme daily precipitation and temperature across Europe in the 2nd half of the XXth century. *Deliverable D9 of STARDEX project : Statistical and regional dynamical downscaling of extremes for European regions*.
- BÄRLUND I., HAKALA K., HILDÉN M., KAUKORANTA T., LEHTONON H., RIKKONENE P., TATTARI S., CARTER T.R., 2005. Adaptation of the agricultural sector to climate change in Finland : first results from the Finadapt project.

- In: Nordic Association of agricultural scientists, Adaptation of crops and cropping systems to climate change. Book of Abstracts. *NJF Report*, 1(3), 31.
- BENISTON M., 2003. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59(1-2), 5-31.
- BENISTON M., 2005. Warm winter spells in the Swiss Alps: Strong heat waves in a cold season? A study focusing on climate observations at the Saentis high mountain site. *Geophysical Research Letters*, 32(1), L01812.1-L01812.5.
- BENISTON M., STEPHENSON D., 2004. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, 44(1-4), 1-9.
- BRAVARD J.P., 2006. Impact of climate change on the management of upland waters : the Rhône river case. In: *Vth Rosenberg international forum: Managing upland watersheds in times of global change*, Banff, Alberta, Canada, 41 p.
- CALANCA P., TORRIANI D., SCHMID S., LAZZAROTTO P., JASPER K., DUERI S., FUHRER J., 2006. *Risks and opportunities for the agriculture of the Alpine region in a changing climate*. Calanca, Wengen Workshop, oct. 2006. NCCR Climate, 23 p.
- CICCARELLI N., VON HARDENBERG J., PROVENZALE A., RONCHI C., VARGIU A., PELOSINI R., 2008. Climate Variability in North-Western Italy during the second half of the XXth century. *Global and Planetary Change (Mediterranean climate: trends, variability and change)*, 63(2-3), 185-195.
- CIPRA, 2002. *Le changement climatique et les Alpes : un rapport de synthèse*. AlpMedia-CIPRA, 12 p., http://www.cipra.org/pdfs/24_fr/at_download/file
- CLEAR Project, 2004. Changement de climat dans le massif alpin, in: *Climate Facts*, <http://www.clear.eawag.ch/>
- CLIMCHALP PROJECT, 2007. *État des connaissances sur les impacts avérés et potentiels des changements climatiques sur les aléas naturels dans l'arc alpin*, base ClimChAlp, http://www.risknat.org/projets/limchalp_wp5/base_climchalp.html
- COMITÉ DE MASSIF DES ALPES, 2006. Schéma interrégional d'aménagement et de développement du Massif des Alpes. *Rapport n°2006-202*, 119 p.
- DORIOZ J.M., FLEURY P., COULON J.B., MARTIN B., 1999. The land, the environment and cheese production : the example of cheese produced in the Northern Alps. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 22, 157-165, <http://www.inra.dpenv.doriod22e.htm>
- DUBOIS G., CERON J.P., 2006. Adaptation au changement climatique et développement du tourisme : étude exploratoire en vue d'un programme de recherche. *Rapport final*. TEC Conseil, Marseille, 131 p.
- EWERT F., 2005. Impacts of climate change and socio-economic development on European agricultural land use. In : *Adaptation of crops and cropping systems to climate change*, NJF seminar, 7-8 November 2005, Odense, Denmark. *NJF Reports* 1(3), 19.
- FALLOT J.M., 2000. Évolution du nombre de jours avec des précipitations abondantes en Suisse durant le XX^e siècle. *Publications de l'Association internationale de climatologie*, vol. 13, 100-109.
- FLEURY P., LARRÈRE R., DORIOZ J.M., GUISEPELLI E., JULIAN C., BIRCK C., 2003. Gestion concertée de la biodiversité, agriculture et développement local en montagne. *Montagnes méditerranéennes*, 18, La gestion concertée dans les espaces naturels protégés de montagne, 65-74, <http://www.pacte.cnrs.fr/spip.php?article918>
- FREI C., SCHÄR C., 2001. Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitations in the Alpine region. *Journal of Climate*, vol. 14, 1568-1584.
- GIEC, 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité. Rapport du groupe de travail II du GIEC, 101 p., <http://www1.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-fr.pdf>
- GIEC, 2008. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation sur l'évolution du climat. Pachauri R.K., Reisinger A. (dirs.]. GIEC, Genève, 103 p..
- HENNEGRUFF W., KOLOKOTRONIS V., WEBER H., BARTELS H., 2006. Climate Change and Floods : findings and adaptation strategies for flood protection. KA-Abwasser, *Abfall*, 53, 8.
- HILDÉN M., LEHTONEN H., BÄRLUND I., HAKALA K., KAUKORANTA T., TATTARI S., 2005. The practice and process of adaptation in Finnish agriculture. *FINADAPT Working Paper 5, Finnish environment Institute Mimeographs* 335, Helsinki, 28 p.
- IPCC, 2007. *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, 986 p.
- JOMELLI V., BRUNSTEIN D., GRANCHER D., PECH P., 2007. Is the response of hill slope debris flows to recent climate change univocal ? A case study in the Massif des Écrins (French Alps). *Climatic Change*, 85(1-2), 119-137.
- JUIN S., BRISSON N., CLASTRE P., GRAND P., 2004. Impact of global warming on the growing cycles of tree forage systems in upland areas of southeastern France, *Agronomie*, 24, 327-337.
- LATELTIN O., BEER C., RAETZO-BRÜLHART H., CARON C., 1997. Instabilités de pente en terrain de flysch et changements climatiques. *Rapport final PNR 31, vdf*. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 170 p.
- MASSON N., FLEURY P., PLAIGE V., 2000. Alpagnes et prairies de montagne. Un patrimoine biologique et agricole. *Cahier technique à l'attention des agriculteurs et des techniciens de l'environnement*, GIS Alpes du Nord, 60 p.
- NATIONS UNIES, 1992. Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, *FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62221 (F) 180705 260705*, 25 p., <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>

- NORTH N., KLJUN N., KASSER F., HELDSTAB J., MAIBACH M., REUTIMANN J., GUYER M., 2007. Changements climatiques en Suisse : indicateurs des causes, des effets et des mesures. Office fédéral de l'Environnement, *État de l'environnement 28-07*, Berne, 77 p., <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00065/index.html?lang=fr>
- ONERC, 2005. *Un climat à la dérive : comment s'adapter ? Rapport au Premier ministre et au Parlement*. La documentation française, Paris, 109 p.
- ONERC, 2006. *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*. La documentation française, Paris, 96 p.
- REIDSMA P., EWERT F., 2005. Assessing the adaptive capacity of European agriculture under different climate and management conditions. In: *Reports of the Nordic Association of Agricultural Scientists*, 1(3), 26. Nordic Association of Agricultural Scientists, Odense, Denmark.
- REINHARD E., REBETEZ M., SCHAEPFER M., 2005. Recent climate change : Rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, south of Switzerland. *Theoretical and Applied Climatology*, 82(1-2), 17-25.
- SEGUIN B., 2007. Les changements climatiques et les impacts observés sur les écosystèmes terrestres. *Rendez-vous techniques de l'ONF. Hors-série Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques*, 3, 3-8.
- SEGUIN B., SOUSSANA J.F., 2008. Émissions de gaz à effet de serre et changement climatique : causes et conséquences observées pour l'agriculture et l'élevage. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 55, 79-91.
- SOUSSANA J.F., 2006. *Résultats des mesures sur prairies dans le cadre du projet européen GreenGrass*, INRA Clermont-Ferrand, unité d'Agronomie, http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/evaluer_predire_les_impacts/rechauffement_climatique_et_prairies/prairies_effet_de_serre_et_changement_climatique
- SOUSSANA J.F., 2007. *Réchauffement climatique et prairies : résultats de recherche*. INRA Clermont-Ferrand, unité d'Agronomie, http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/evaluer_predire_les_impacts/rechauffement_climatique_et_prairies