

Ouvrage collectif réalisé par

**CLUSTERS
DE RECHERCHE**

RHÔNE-ALPES

ENVIRONNEMENT

Rhône-Alpes et l'environnement

100 questions pour la recherche

Rhône-Alpes Région

Avant-propos	6
Remerciements	11
Introduction	13
1- La recherche en environnement dans la région Rhône-Alpes	16
2- Le Cluster Environnement	18
3- Envirhônalp	20



Chapitre A **Les risques naturels**

4- Introduction - Les risques naturels, un sujet majeur en Rhône-Alpes	25
5- Le sol bouge, les chercheurs veillent	28
6- Les séismes en Rhône-Alpes sont rares...	30
7- Attention, falaise instable !	32
8- Danger... Avalanches !	34
9- Torrents de montagne : alerte aux crues	36
10- Embâcles : un bien pour un mal ?	38
11- La rivière a besoin de ses cailloux	42
12- Inondations, prendre le problème en amont	44
13- La ville accélère l'eau	46
14- L'excès de pluie, un aléa qui gagne à être connu	48
15- Face aux crues rapides : entendre l'alerte	50



Chapitre B **Produire plus propre et mieux dépolluer**

16- Introduction – Soyons "clean" !	54
17- Alpage et lagunage	58
18- Des roseaux pour laver l'eau	60
19- De l'ozone pour une page blanche	62
20- Comment traiter les PCB dans les sédiments ?	64
21- Du sable dans le biogaz ?	66
22- Des déchets pleins d'énergie	68
23- Recyclons les boues industrielles	70
24- Des entreprises à la recherche de procédés de plus en plus propres	72
25- Mini-taille, maxi-performance pour l'usine du futur	74



Chapitre C **Ville et nature**

26- Introduction – Urbanisation et environnement	78
27- La ville propre, une utopie ?	82
28- Se déplacer propre	84
29- L'eau du robinet coule de source	86
30- La pluie en ville salit-elle les nappes ?	90
31- Sortir la pluie des égouts ?	92
32- Dois-je récupérer l'eau de pluie ?	94
33- Grandes villes et petits ruisseaux	96
34- Chats des villes ou rats des champs	98
35- Favoriser la nature en ville	100
36- Des particules dans l'air des villes	102
37- Villes et usines : une cohabitation à risque	104
38- Risques industriels : quand l'erreur n'est pas seulement technique...	106



Chapitre D

Enjeux sanitaires et écotoxicologiques

39- Introduction : Environnement dégradé, danger pour la santé de l'homme et des écosystèmes ? ...	110
40- L'eau du robinet, une richesse à protéger	112
41- Des médicaments dans les rivières	114
42- Des eaux, des microbes et des hommes	116
43- Rejets hospitaliers et santé des rivières	120
44- Des sentinelles pour nos rivières	122
45- Les mathématiques au secours de la faune aquatique	124
46- PCB, sédiments, poissons : un trio à risque	126
47- Ces molécules qui nous perturbent	128
48- Cancer et environnement, une liaison dangereuse ?	130
49- Légionelles : des bactéries à haut risque	132
50- D'où viennent ces poussières que nous respirons ?	134
51- Des goudrons dans nos poumons	138
52- Ambroisie et risque allergique	140



Chapitre E

Biodiversité, écosystèmes et paysages

53- Introduction - Biodiversité, écosystèmes et paysages	146
54- Des corridors écologiques pour nos montagnes	148
55- Les plantes alpines ont du répondeur	150
56- La grenouille et l'oiseau	152
57- Les insectes s'organisent	154
58- La biodiversité du sol, un trésor caché	156
59- Des feuilles mortes pour nourrir les rivières	158
60- Comment va le Rhône ?	160
61- Les microorganismes travaillent pour nous	162
62- Les karsts ne filtrent pas l'eau	164
63- Pourquoi des arbres au bord de l'eau ?	166
64- Des poissons emblèmes de nos grands lacs	168
65- Des grands lacs alpins sous influence	172
66- Les étangs de la Dombes, une exploitation raisonnée	174
67- Les pesticides ont la bougeotte	176
68- Les armes chimiques des renouées invasives	178
69- Roselières en péril	180
70- On peut aussi restaurer les rivières	182



Chapitre F

Les effets du changement climatique

71- Introduction – Rhône-Alpes, un réchauffement particulièrement marqué en montagne	186
72- Changement climatique : le vrai, le faux, et l'incertain	190
73- Retenir les leçons du passé	194
74- Energie et changement climatique : un enjeu mondial	196
75- La neige, une victime du changement climatique ?	198
76- Les espaces protégés alpins peuvent-ils sauver les migrants climatiques ?	200
77- Les sports d'hiver s'adaptent au changement climatique	202
78- Changement global et maladies réémergentes	204
79- Nos zones humides vont-elles manquer d'eau ?	206
80- Le végétal, un ingénieur des cours d'eau	208

81- Introduction – Du local au global, les échelles de l'environnement	212
Les moyens d'observation	
82- Qu'est-ce qu'un observatoire de l'environnement ?	216
83- Pourquoi des zones atelier dans la Région Rhône-Alpes ?	218
84- Observer pour mieux comprendre	220
85- Observer pour mieux gérer	222
86- Des écosystèmes « sous cloche »	224
Les données environnementales	
87- Connaître le tout grâce à des échantillons	226
88- Les données environnementales sont spatialisées	228
89- Les bases de données environnementales : un capital à conserver	230
90- Les données environnementales : un capital à partager	232
Les modèles en environnement	
91- Des modèles pour représenter la complexité	234
92- Les modèles au secours des données	236
93- Les modèles, outils d'aide à la décision ?	238
Métérologie, réglementation et normes	
94- A la recherche du polluant inconnu	240
95- Prendre la mesure des torrents en crue	242
96- Accumuler pour mieux détecter	244
97- Des témoins de qualité	246
98- L'Europe, les normes et nous	248
99- La DCE au chevet de nos masses d'eau	250
100- Les auteurs de cet ouvrage collectif	252

La recherche en environnement dans la région Rhône-Alpes

La région Rhône-Alpes est extrêmement dynamique dans le domaine de l'environnement, aussi bien sur le plan économique que sur le plan scientifique. Les relations étroites établies depuis longtemps entre laboratoires de recherche, entreprises et collectivités territoriales ont permis l'émergence d'une véritable communauté scientifique en ingénierie environnementale, structurée autour de dispositifs tels qu'Envirhônalp, le Cluster Environnement ou le pôle de compétitivité Axelera. Cette communauté reste cependant vulnérable et l'effort de structuration doit être poursuivi.

Un potentiel de recherche très fort

La communauté scientifique travaillant en Rhône-Alpes dans le champ de l'environnement est évaluée à plus de 1 000 chercheurs et enseignants-chercheurs, auxquels s'ajoute un nombre sensiblement équivalent d'ingénieurs, techniciens et doctorants.

Ces forces sont regroupées autour de quatre pôles principaux :

- Le potentiel lyonnais est bien représenté dans presque tous les secteurs scientifiques, notamment les sciences pour l'ingénieur, les sciences du vivant, les sciences humaines et sociales, les sciences chimiques, les sciences physiques et mathématiques, bien que très peu en sciences de l'univers. Il est formé d'un réseau diffus et imbriqué de laboratoires de l'enseignement supérieur (Université Lyon 1, INSA de Lyon, ENTPE, École Centrale, CPE, ENS Lyon, Universités Lyon 2 et 3, VetAgro Sup) en association ou collaboration avec des EPST (Établissements Publics à caractère Scientifique et Technologique) tels que le Cemagref, le CNRS, l'INRA, l'INRETS ou l'IRD ;
- Le réseau grenoblois est davantage centré autour d'unités de recherche importantes, rattachées à l'Université Joseph Fourier et/ou à Grenoble INP, et dispose en particulier de compétences très fortes sur la thématique des sciences

de la terre et de l'univers coordonnées au sein de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble. La recherche autour des sciences de l'ingénieur est également active, notamment au sein de Grenoble INP et en relation avec des organismes nationaux (IRD, Cemagref, CEA) ;

- La recherche stéphanoise, fédérée notamment autour de l'École des Mines, apporte des compétences (STIC et SPI) largement mises en valeur sur des thématiques liant environnement et industrie ;
- L'Université de Savoie est particulièrement présente, en partenariat avec l'INRA, dans les domaines de l'écologie des écosystèmes représentatifs de la région (lacs alpins, bassins versants associés).

Les compétences en sciences humaines et sociales sont bien représentées dans le domaine de l'environnement avec 12 % des effectifs.

Globalement, la région Rhône-Alpes apparaît comme un centre particulièrement performant dans les domaines de l'eau et des hydrosystèmes, des risques naturels et de la vulnérabilité des ouvrages, de la gestion des écosystèmes et territoires de montagne, du traitement des déchets, de la chimie de l'environnement et des procédés propres.

Un potentiel de recherche en prise directe avec les besoins des entreprises et de la société

La région Rhône-Alpes compte 1 500 des 7 000 entreprises françaises répertoriées dans le domaine de l'environnement et réalise un chiffre d'affaires annuel supérieur à 4 milliards d'euros, soit près de 20 % montant national. Il s'agit donc de l'évidence de l'un des points forts de la région. Ce dynamisme est matérialisé par l'existence,

à Lyon, du pôle de compétitivité mondial sur la chimie et l'environnement Axelera.

Les liens étroits existant entre les laboratoires de recherche et les entreprises ont amené à structurer l'activité scientifique régionale autour de thématiques liées à l'ingénierie environnementale.

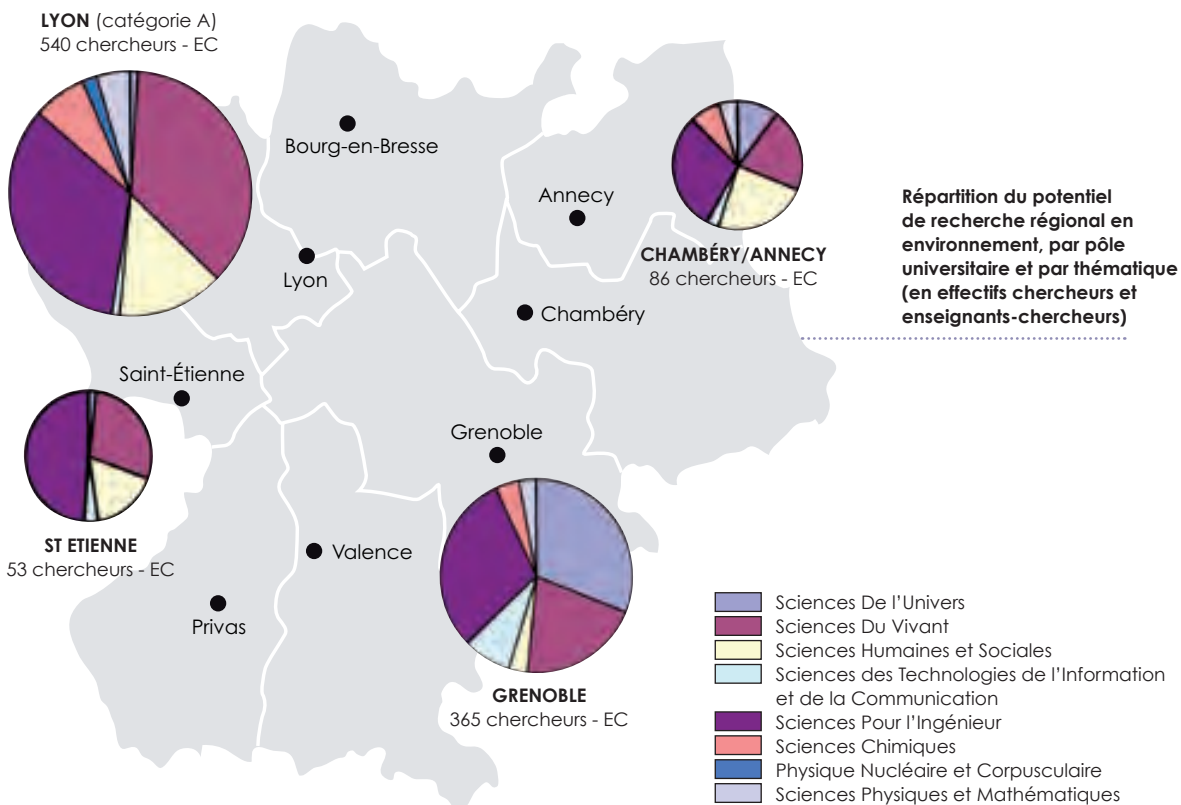
Un potentiel de recherche éclaté et en cours d'organisation

La recherche en environnement est par essence pluridisciplinaire, alors que la structuration académique reste largement monodisciplinaire. Ce décalage a pour conséquence une dispersion des 2 000 chercheurs de la région à travers près de 120 laboratoires ou équipes de recherche différentes.

Deux initiatives régionales très fortes ont permis de lutter de façon efficace contre cet éclate-

ment et de constituer une communauté scientifique véritablement cohérente : Envirohônalp, qui vise à structurer les chercheurs autour de grands équipements mutualisés, et le Cluster Environnement.

Cet effort doit impérativement être poursuivi et renforcé afin de maintenir une communauté scientifique régionale organisée, performante et reconnue sur les questions d'environnement.





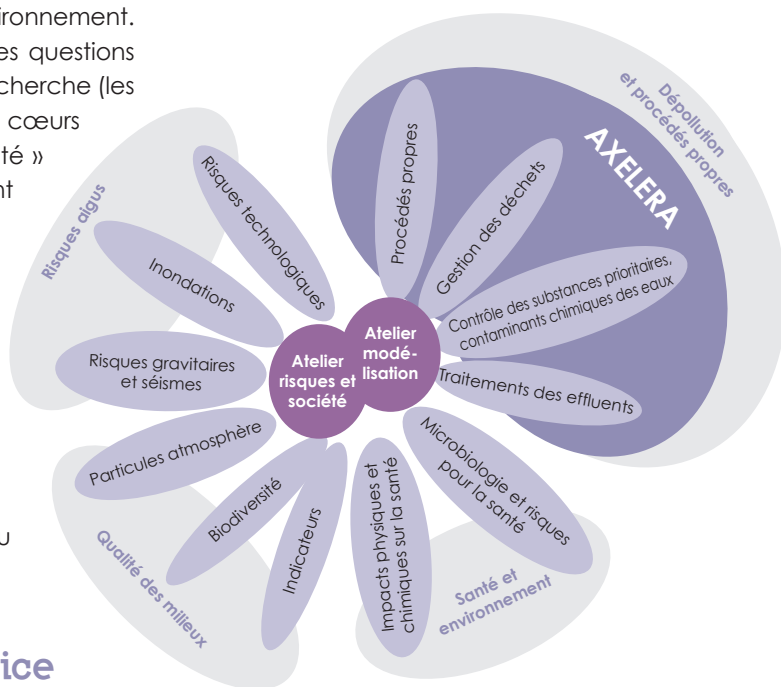
Le Cluster Environnement

Créé en 2004 par le conseil régional Rhône-Alpes, le Cluster de recherche en environnement est l'un des 14 clusters (ou réseaux) du Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Conçu comme un dispositif régional de recherche, il associe aux priorités régionales en matière de recherche en environnement les critères classiques d'excellence scientifique et de rayonnement des résultats produits, mais aussi le souhait d'une recherche pluridisciplinaire en réseau, au plus proche des partenariats socio-économiques, dans une démarche d'ingénierie environnementale.

Des questions de société aux projets de recherche

Le Cluster travaille, depuis sa création, sur 4 grandes questions rappelées en introduction : les risques aigus, la dépollution et les procédés propres, la qualité des milieux, la santé et l'environnement. Dans un but d'efficacité, ces grandes questions ont été structurées en 11 projets de recherche (les pétales de la marguerite) autour de 2 cœurs que sont les ateliers « risques et société » et « modélisation ». Ces ateliers sont en effet parties prenantes de toutes les questions traitées dans le cluster. Chaque projet est animé par deux experts régionaux, représentatifs des projets de recherche traités. Dans certains cas, ces binômes ont permis d'ouvrir des voies nouvelles de collaboration ; citons en particulier le cas des projets en « santé et environnement » qui ont contribué au

décloisonnement progressif des communautés scientifiques de l'environnement et de la santé.



Des ressources au service de la construction d'un réseau

Le cluster fonctionne depuis 6 ans grâce à des ressources régionales de deux types : allocations doctorales de recherche (40 thèses sont, ou ont été, financées dans ce cadre) et crédits de fonctionnement et d'investissement. Si les sommes annuelles, hors allocations doctorales de recherche sont modestes (environ 450 k€/an pour l'ensemble du réseau de 2000 personnes dont plus de 1000 chercheurs, soit l'équivalent d'un seul projet

soutenu par l'ANR¹ en moyenne !), ce soutien est cependant très appréciable pour la structuration régionale de la recherche en environnement. En effet, les priorités de financement ont été systématiquement données aux dispositifs collectifs de recherche, matériels ou non. De cette façon le Cluster a permis de construire une communauté régionale de recherche en environnement, que l'écriture unifiée de ce livre collectif matérialise.

1. ANR : Agence Nationale de la Recherche

Un ancrage dans le contexte national et européen et dans les liens entre sciences et société

Le Cluster environnement s'est adjoint depuis sa création un conseil scientifique et un réseau d'experts nationaux assurant l'évaluation et la pertinence des sujets proposés dans le cadre du comité de programme (instance de pilotage du Cluster). Les résultats obtenus et les différents textes de référence nationaux et internationaux dans le domaine de l'environnement sont une validation *a posteriori* des choix opérés par le Cluster.

Le rôle d'« incubateur » régional de projets nationaux est également important comme l'atteste la réussite des équipes de recherche rhône-alpines dans les appels d'offres de l'ANR et dans les programmes cadres européens. Les doctorants du Cluster participent au lien recherche-société notamment dans le cadre des animations de la Fête de la science, remportant chaque année un vif succès auprès des écoles et des lycées.

Les animateurs de projet du Cluster Environnement

Projet 1 - Risques inondations et déséquilibres sédimentaires

Guy Delrieu (Grenoble INP)¹ ; Hervé Piégay (ENS Lyon/CNRS)²

Projet 2 - Risques gravitaires, séismes

Denis Jongmans (UJF)³ ; Jacky Mazars (Grenoble INP)⁴

Projet 3A - Erosion et transport des particules et polluants associés dans l'environnement, Atmosphère

: Chantal Staquet (Grenoble INP)⁵ ; Patrick Rairoux (UCBL)⁶

Projet 3B - Erosion et transport des particules et polluants associés dans l'environnement Contrôle des substances prioritaires/Contaminants chimiques dans les eaux

Marina Coquery (Cemagref)⁷ ; Jean-Luc Bertrand-Krajewski (INSA de Lyon)⁸

Projet 4 - Biodiversité

Gudrun Bornette (UCBL)⁹ ; Jean-Jacques Brun (Cemagref)¹⁰

Projet 5 - Caractérisation, suivi et gestion de l'état écologique des écosystèmes, Indicateurs

Jean-Marcel Dorioz (INRA)¹¹ ; Bernard Montuelle (INRA)¹²

Projet 6 - Impacts physiques et chimiques sur la santé de l'homme et des organismes

Jeanne Garric (Cemagref)¹³ ; Anne Maître (UJF)¹⁴

Projet 7 - Microbiologie et risques pour la santé

Benoît Cournoyer (UCBL)¹⁵

Projet 8A - Gestion et traitement des effluents urbains *in situ*

Yves Perrodin (ENTPE)¹⁶

Projet 8B - Gestion et traitement des effluents urbains *ex situ*

Marc Arousseau (Grenoble INP)¹⁷

Projet 9 - Gestion durable des déchets, sols et produits en fin de vie

: Jean-Pierre Gourc (UJF)¹⁸ ;

Rémy Gourdon (INSA de Lyon)¹⁹

Projet 10 - Technologies et procédés moins polluants

Valérie Laforest (EMSE)²⁰ ; Daniel Froëlich (ENSAM)²¹

Projet 11 - Risques technologiques

Jean-Marie Flaus (Grenoble INP)²²

Atelier Risques et Société

Christina Aschan-Leygonie (ENS Lyon)²³ ;

Paule-Annick Davoine (Grenoble INP)²⁴

Atelier Modélisation

Sandrine Charles (UCBL)²⁵ ; Eric Blayo (UJF)²⁶





Envirhônalp

Envirhônalp est un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) qui rassemble 9 établissements d'Enseignement Supérieur et de Recherche de Lyon et Grenoble¹ et des établissements de recherche nationaux².

Ce réseau, basé sur la mise en commun de moyens d'observation et d'expérimentation, est identifié par un grand nombre d'acteurs régionaux publics et privés comme une porte d'entrée sur la recherche académique.

Une structuration de la communauté sur le long terme

Le GIS Envirhônalp est né de la fédération de projets à Lyon et Grenoble dans le domaine de l'eau et l'environnement qui existaient dès 2002. Officialisé en 2006, il a pour objectifs de :

- Structurer la communauté régionale « Environnement pour un Développement Durable » sur le long terme autour d'un réseau commun d'équipements lourds pour la recherche (plateaux technologiques, observatoires). La mutualisation des moyens permet de partager les coûts et d'optimiser les investissements, tout en facilitant le rapprochement des différents utilisateurs.
- Articuler recherche/formation/expertise dans le domaine de l'environnement, en développant en particulier des liens entre les mondes académique et socio-économique.

Ce projet mobilise actuellement des soutiens du Contrat de Projets État-Région (2007-2014), des Plans Campus et du Fonds Unifié Interministériel (FUI) pour les plateformes d'innovation. Il rassemble 700 chercheurs provenant de 80 laboratoires régionaux. 44 plateaux et observatoires sont identifiés et décrits dans le réseau.

Ces structures mutualisées s'organisent autour de quatre thématiques :

- préservation de la qualité des milieux naturels et de la santé,
- prévention des risques environnementaux,
- impact régional du changement climatique,
- développement de procédés propres et de dépollution.

Le Cluster Environnement a fonctionné en cohérence avec le GIS et a permis d'aider à la stabilisation des plateaux et observatoires par des soutiens de fonctionnement et d'équipement depuis 2006.

Des exemples de plateformes émergentes

Dans un souci d'efficacité et de lisibilité, certains plateaux et observatoires se sont regroupés pour former des plateformes. Le GIS en compte actuellement une douzaine, comme par exemple :

- PROVADEMSE : plateforme régionale technologique d'innovation dédiée au développement des écotecnologies et des technologies propres. Labellisée par le pôle de compétitivité Axelera, elle rassemble 180 chercheurs issus de 7 laboratoires ;
- ÉCOUFLU : plateforme régionale regroupant à Lyon et Grenoble des moyens expérimentaux

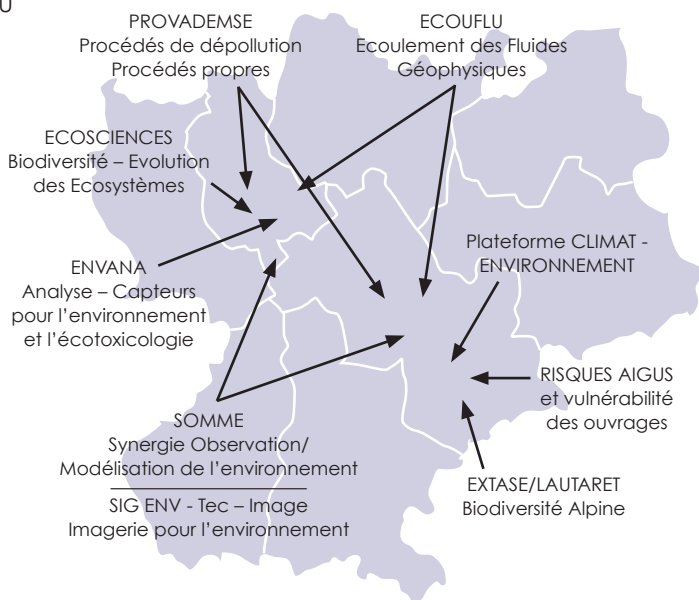
uniques en France et en Europe dédiés à l'étude des écoulements naturels et anthropisés et flux de matières associés (sédiments, polluants...). Elle regroupe 80 chercheurs issus de 8 laboratoires et est soutenue par le pôle INDURA ;

- ÉCOSCIENCES : plateforme d'écologie expérimentale de Lyon dédiée à l'étude de l'évolution de la biodiversité des écosystèmes face aux changements globaux. Elle fédère l'une des trois plus grandes communautés scientifiques dans le domaine de l'écologie/environnement en France ;

1. Université Lyon I, Université Grenoble I, INSA de Lyon, ENS Lyon, ENTPE, Grenoble-INP,
2. IRD, CNRS, Cemagref.

● CLIMAT : plateforme de recherche grenobloise dédiée à l'étude de l'évolution du climat régional et de ses conséquences sur la qualité de l'air. Elle rassemble des observatoires et des plateaux de modélisation ou d'analyse de la qualité chimique de l'air.

LES PLATEFORMES D'ENVIRHONALP

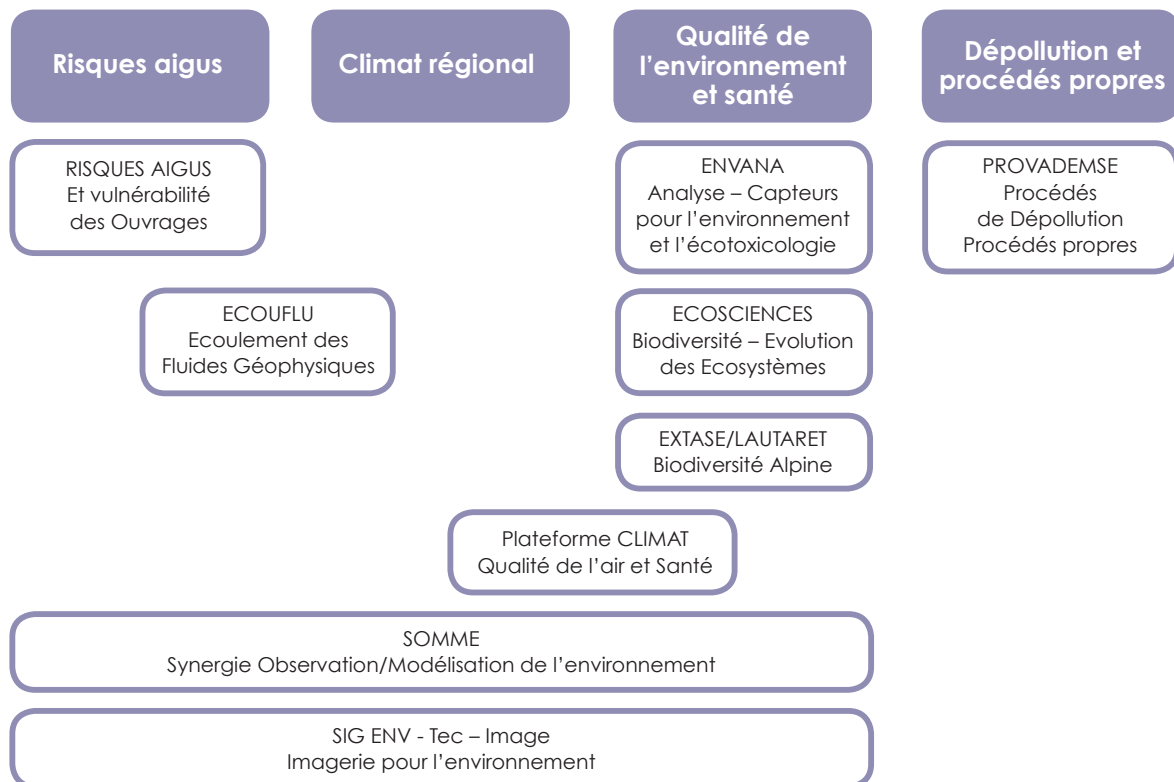


Un lien fort avec le monde socio-économique

Envirhônalp associe le monde académique à la décision publique et à l'innovation industrielle dans le domaine de l'environnement pour un développement durable. Par ses outils, il met à disposition des acteurs économiques des compétences et des ressources de recherche académique ainsi que son indépendance. Il est maintenant identifié par les pôles de compétitivité, des associations professionnelles et des structures de valorisation comme porte d'entrée sur la recherche académique.

Le GIS Envirhônalp veille à préserver la cohérence régionale de l'ensemble des moyens lourds sur le long terme, notamment dans le cadre de l'Emprunt National.

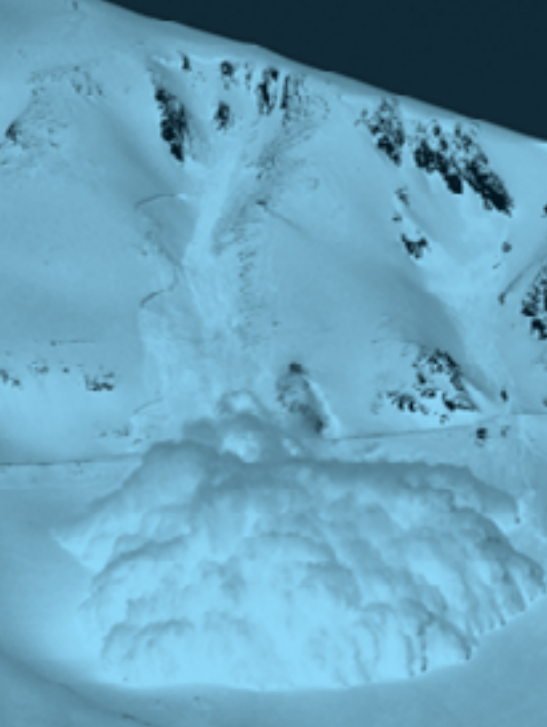
Il évolue dans le sens d'une co-construction des structures mutualisées avec les sciences humaines et sociales, afin d'apporter une réponse innovante aux partenaires socio-économiques pour une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux.







CHAPITRE **A**
LES RISQUES
NATURELS





Le sol bouge, les chercheurs veillent

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels affectant les pentes constituées de sols ou de matériaux rocheux et caractérisés par une grande variété de tailles, de formes et de vitesses de déplacement. Certains mouvements lents peuvent présenter des phases d'accélération sous l'effet d'agents déclenchants (pluie, fonte des neiges, séismes, action humaine), conduisant à des mouvements gravitaires très rapides, de type avalanche rocheuse ou coulée dans les sols. Ces phénomènes présentent un danger potentiel important pour les populations et les infrastructures. À l'heure actuelle, les chercheurs sont confrontés à un problème de manque de données détaillées et fiables sur une période de temps représentative.

Les mouvements de terrain : un phénomène ancien qui rajeunit sans cesse

De par sa topographie montagneuse et ses caractéristiques géologiques variées, la région Rhône-Alpes est particulièrement exposée au risque de mouvements gravitaires de tous types, comme ceux se produisant dans les sols (argiles du Trièves) ou dans les roches (Séchillienne).

Dans le passé, les mouvements de terrain ont principalement été étudiés au cas par cas, dans le but d'estimer le degré de stabilité et de prévoir les mesures éventuelles permettant la stabilisation en cas de danger pour des infrastructures ou des personnes. Or, les études récentes

ont montré qu'un glissement actif était souvent accompagné par d'autres mouvements similaires, récents ou anciens, et que ces instabilités gravitaires pouvaient avoir été initiées il y a des milliers d'années, lors de changements climatiques majeurs, comme la dernière déglaciation. Pour comprendre son mécanisme, un mouvement de terrain doit donc être envisagé comme un phénomène érosif s'étalant sur une longue durée, avec des périodes d'activité et de sommeil.

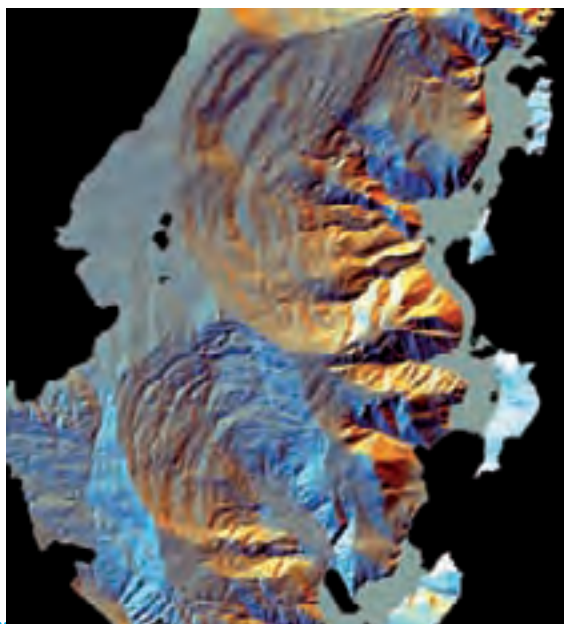
... Eboulement de plusieurs milliers de m³ sur les Ruines de Séchillienne. De nombreux blocs ont fini leur course au bas des Ruines, sur l'ancienne route nationale.
© Photothèque IRMa/Sébastien Gominet



Les Alpes sous surveillance

L'obtention de mesures (géotechniques, hydro-géologiques, géodésiques, géophysiques) est indispensable pour débloquent les verrous actuels dans la compréhension des instabilités de versants. Pour répondre à ce besoin, un observatoire national des mouvements de terrain a été créé en 2006. Il comporte quatre sites dont deux situés en région Rhône-Alpes (mouvements d'Avignonet et de Séchillienne). Des instruments de mesure et d'observation déployés sur ces sites devraient permettre d'identifier les paramètres pertinents pour suivre les changements de comportement dans la dynamique des instabilités gravitaires.

Image en fausses couleurs de la topographie de surface des glissements d'Avignonet et L'Harmalière, obtenues par relevé LiDAR hélicoptère – Denis Jongmans/LGIT-UJF



Mouvement de Séchillienne

Une étude de datation de l'escarpement principal du mouvement de Séchillienne a montré que ce dernier avait été initié il y a environ 7 000 ans, bien après la fin de la dernière glaciation, durant une période climatique humide et pluvieuse. Le suivi temporel géophysique a montré l'existence de trois types de signaux sismiques générés respectivement par le mouvement gravitaire, les séismes locaux et les chutes de blocs.

Mouvement d'Avignonet

Dans la région du Trièves, des techniques d'imagerie aériennes ont été testées pour suivre l'évolution des déplacements à l'échelle de plusieurs dizaines de km². En particulier, la prise de données LiDAR sur un intervalle de 3 ans a permis de définir et de caractériser les zones actives des glissements d'Avignonet et de L'Harmalière.

Ces travaux ouvrent des perspectives pour la définition d'un nouveau système de surveillance.



Vue aérienne de la Combe du Mas et du glissement de terrain de L'Harmalière
© Photothèque IRMa/Sébastien Gominet

L'Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versants (OMIV) regroupe 6 laboratoires, dont deux en région Rhône-Alpes, et est coordonné par l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble. Les recherches sont valorisées sous la forme d'articles scientifiques et leurs résultats sont présentés sur le site : www.lgit.obs.ujf-grenoble.fr/observations/omiv/



Les séismes en Rhône-Alpes sont rares...

Les séismes en Rhône-Alpes sont rares... et c'est tant mieux. Il ne faut cependant pas oublier que certains événements importants se sont produits dans le passé. Parce qu'ils sont peu nombreux, les populations perdent le souvenir et la mémoire de ces événements. Pourtant, si l'on considère le passé proche, des séismes marquants se sont produits : le séisme de Lambesc dans le sud des Alpes (1909), le séisme de Corrençon-en-Vercors (1962), ceux de Chamonix en 1905 et 2006, ou encore celui d'Epagny (1996). Ces séismes sont la signature d'une intense activité sismique. Celle-ci sera d'autant plus remarquable que les vallées alpines, omniprésentes sur le territoire de la région Rhône-Alpes, vont amplifier le mouvement sismique du sol, ce qui peut être à l'origine de dégâts plus importants.

Étudier le risque sismique pour mieux s'en protéger

Dans la mesure où la prévision des séismes semble être hors de portée pour l'instant, la solution pour réduire le risque sismique consiste à se protéger de leurs effets. Construire parasismique est possible, mais pour un dimensionnement juste et économiquement supportable, il faut connaître le mouvement sismique contre lequel se protéger.

Les zones de sismicité doivent être identifiées dans les Alpes. Ces informations, collectées en particulier par les observatoires de surveillance de la sismicité, servent à estimer le niveau d'aléa à prendre en compte pour tout projet neuf. Les sédiments doivent être repérés car ils provoquent l'amplification du mouvement du sol. C'est le cas des vallées alpines, qui produisent ces phénomènes nommés « effets de site ».

Vue aérienne du bassin grenoblois. En cas de séisme, l'effet de site dans la cuvette grenobloise provoquerait une amplification des ondes sismiques.

© Photothèque IRMa/Sébastien Gominet



Enfin, sachant que le plus grand nombre de victimes lors de tremblements de terre est lié à l'effondrement des constructions, il faut comprendre comment ces dernières se comportent. Leurs caractéristiques variables vont impli-

quer des comportements différents d'une ville à l'autre.

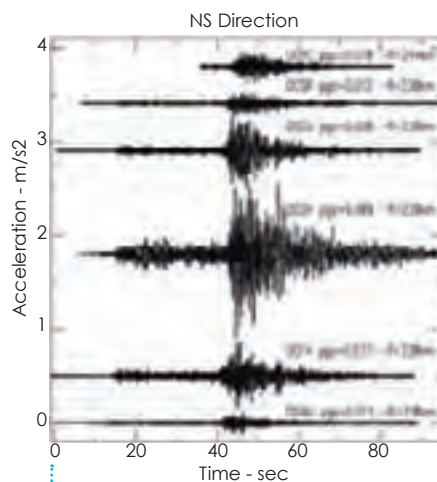
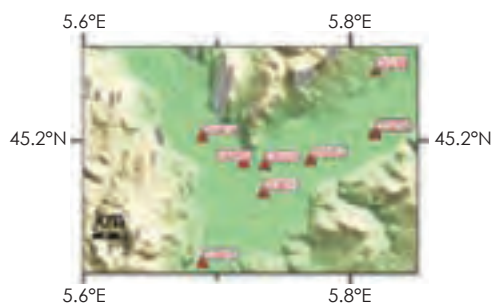
Malgré un niveau de sismicité relativement modéré, ces informations permettent d'affirmer l'existence d'un risque sismique en Rhône-Alpes.

La recherche sismique en Rhône-Alpes, au cœur du dispositif européen

Depuis une vingtaine d'années, les progrès ont été significatifs quant aux trois aspects mentionnés précédemment :

- La sismicité localisée en Rhône-Alpes par le réseau SISMALP a montré des alignements d'épicentres, témoins de la présence de failles actives. La faille dite de Belledonne, en bordure du bassin grenoblois, fait partie de ces découvertes.
- L'analyse de la sismicité permet de mieux contraindre les modes de déformation des Alpes et de mieux définir le modèle de croûte terrestre. Cette connaissance a été introduite dans la définition du nouveau zonage réglementaire français.
- Les vallées alpines provoquent des amplifications considérables du mouvement du sol, comme l'a révélé le réseau accélérométrique national RAP (Grenoble, Annecy, Chambéry).
- La géométrie particulière de ces vallées induit des effets aggravants. En 2006, le bassin de Grenoble est devenu un site pilote international sur lequel de nombreuses équipes internationales ont travaillé, ce qui a abouti à la tenue d'un congrès international à Grenoble.
- Des techniques particulières pour évaluer les effets de site ont été développées et diffusées via des sessions de formation à destination des universitaires et des partenaires privés.
- Le bâti existant est vulnérable. Les projets VULNERALP et ANR ARVISE ont permis d'analyser les constructions et leur comportement sismique.
- L'instrumentation de l'Hôtel de Ville de Grenoble par le RAP a permis de vérifier l'approche expérimentale de prédiction de la réponse sismique d'une structure existante, notamment via le projet ANR ARVISE.

Grâce à ces activités, la région est au cœur des dispositifs européens d'échange, via le Master européen Erasmus Mundus (Université J. Fourier Grenoble 1, Universités de Pavie en Italie, de Patras en Grèce, et d'Ankara en Turquie) et une participation à de nombreux projets européens sur ces thématiques.



Observation des effets de site dans la vallée alpine de Grenoble lors d'un séisme de magnitude ML 5.1 à 240 km (23/02/2004). On observe un mouvement faible à la station au rocher (OGMU) par rapport à celui observé sur les sédiments (OCDH...) – Philippe Guéguen/ LCPC

Deux observatoires portés par l'OSUG (RAP, SISMALP) sont à l'origine de découvertes importantes sur le risque sismique dans les Alpes. Des développements méthodologiques menés au LGIT (Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique) ont accompagné les travaux de recherche. Ces dernières ont été valorisées sous forme d'articles scientifiques, d'une méthode d'évaluation de la vulnérabilité, d'un logiciel à destination des gestionnaires de parcs, de base de données des vallées alpines et de bases de données de mouvement accélérométriques.

EN SAVOIR +
www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr

Attention, falaise instable !

L'évaluation du risque d'éboulement nécessite de pouvoir suivre les masses rocheuses, et d'être capable de prédire les phénomènes de rupture. Les blocs rocheux qui se détachent des falaises ou des escarpements posent un problème aigu et permanent aux décideurs et organismes opérationnels chargés de la sécurité des biens et des personnes. Moins fréquents que les chutes de blocs individualisés, ces événements se caractérisent par un pouvoir destructeur élevé. Les moyens de protection habituellement utilisés sont peu efficaces compte tenu de l'ampleur et de l'énergie de ces phénomènes.

Le risque d'éboulement en Rhône-Alpes

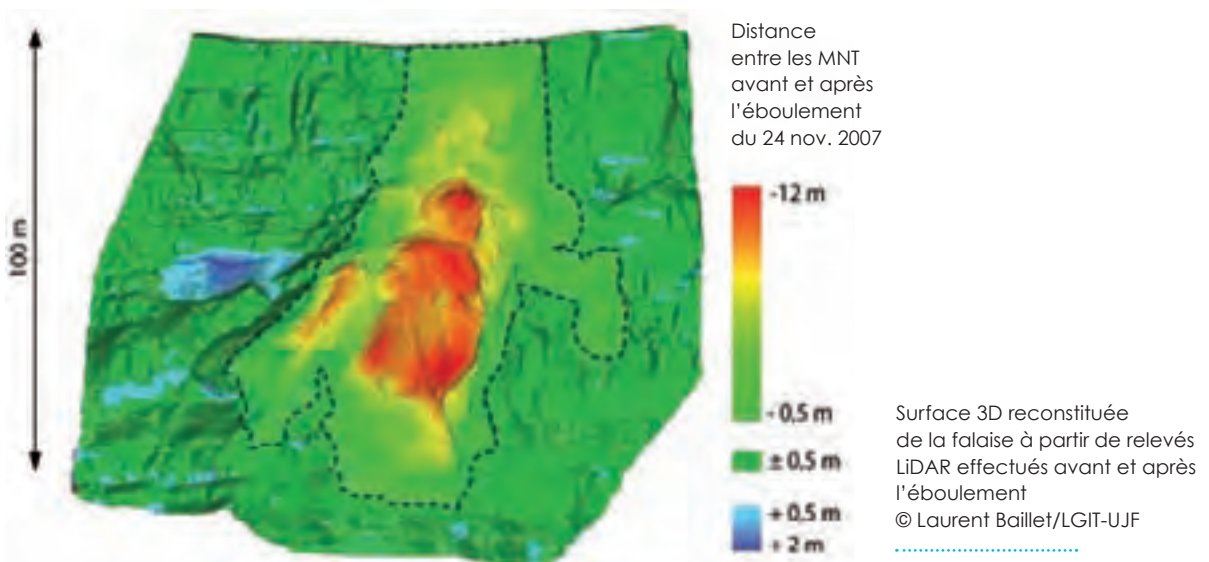
La topographie montagneuse de la région Rhône-Alpes expose cette dernière aux risques d'éboulements. Ceux-ci ont des conséquences pénalisantes tant du point de vue économique qu'environnemental.

Évaluer le risque

Pour se prémunir contre ce risque d'éboulement, il est nécessaire d'identifier et de caractériser le plus grand nombre de sites potentiellement dangereux. Ces sites étant difficilement accessibles, les chercheurs ont principalement recours à la télédétection.

Depuis une dizaine d'années, les techniques de télédétection rapprochée ont considérablement évolué, notamment grâce à l'améliora-

tion des capteurs (GPS, imagerie numérique...). Il est maintenant possible, en quelques minutes de survol par hélicoptère, de collecter sur un site instable plusieurs centaines de millions de points caractéristiques de la surface et plusieurs dizaines d'images de haute définition. Les sites peuvent donc être décrits avec un détail inégalé. Cette information est ensuite reprise par le géologue structural et/ou le bureau d'étude, qui peut alors réaliser une étude dans des conditions de sécurité bien meilleures qu'auparavant, l'accès direct au terrain se limitant à l'examen de quelques points clés préalablement repérés par l'étude des images. Le fait que tous les sites où peuvent se développer des instabilités ne soient pas encore couverts à ce niveau de détail par ce type de techniques nouvelles pose une difficulté majeure : les analyses peuvent être compliquées ou moins riches d'enseignements, en raison de l'absence d'informations sur l'état initial.



Surveiller les sites dangereux

Une fois le risque avéré, les sites instables doivent faire l'objet d'une surveillance. Pour cela, c'est le suivi de l'évolution de grandeurs mécaniques qui a été choisi, la méconnaissance de l'état de contraintes, de la fracturation interne, des pourcentages de ponts rocheux aux interfaces, etc., ne permettant pas une prédiction de l'éboulement par modélisation.

L'extensométrie ou la mesure des déplacements (suivi temporel de l'ouverture d'une fissure par exemple) est le moyen d'auscultation classique de falaises instables. On utilise en complément un dispositif d'auscultation sismique, constitué d'un réseau de capteurs sismiques (mesure de la vitesse) déployés sur l'écaïlle rocheuse instable et autour de celle-ci. Cette instrumentation enregistre le bruit sismique (mouvements aléatoires du sol provoqués par le vent, bruits acoustiques, activité humaine et tellurique) et les signaux

générés par les ruptures des matériaux ou le glissement d'interfaces rocheuses. La connaissance des caractéristiques mécaniques du milieu obtenues par prospection géophysique permet de localiser ces ruptures ou glissements. Lorsqu'une écaïlle rocheuse se détache progressivement, la rigidité globale de l'interface diminue, entraînant une évolution des fréquences de résonance de l'écaïlle rocheuse instable. Cette évolution a été reproduite numériquement et expérimentalement sur une écaïlle calcaire dans la réserve naturelle des hauts plateaux du Vercors, qui a été équipée d'instruments de surveillance et de mesure avant son éboulement.

Cette expérience en milieu naturel a permis de confirmer que la technique de surveillance choisie est prometteuse. Celle-ci est actuellement testée sur différents sites instables présentant des caractéristiques rocheuses et des risques variés.

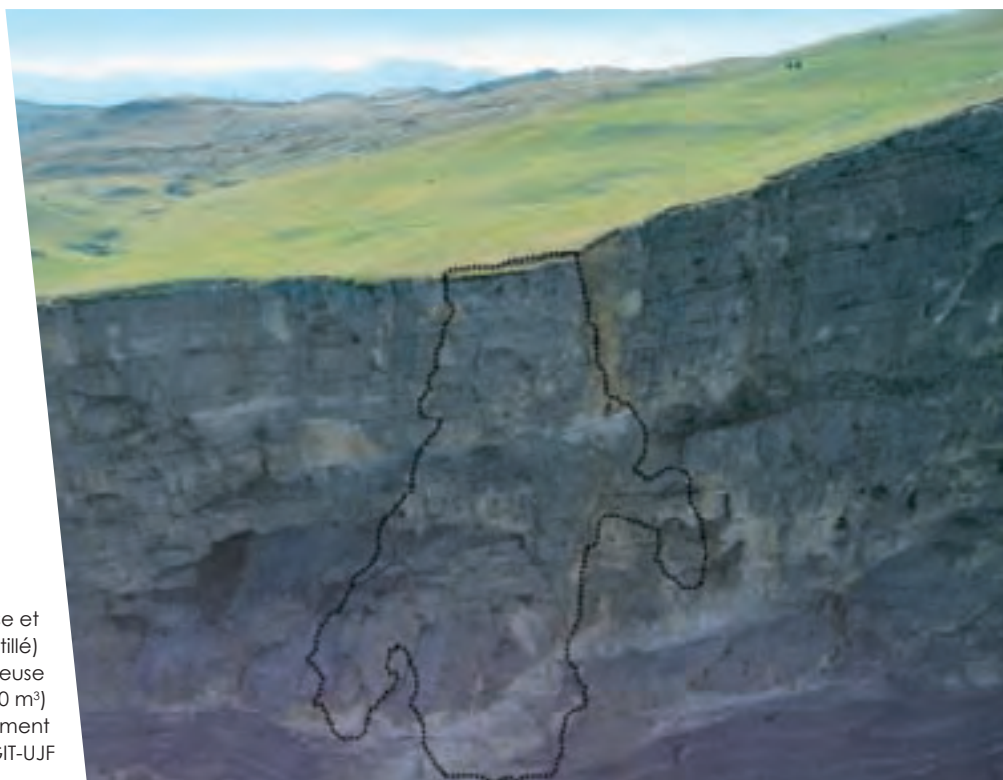


Photo de la falaise et marquage (trait pointillé) de l'écaïlle rocheuse (20000 m³) avant son éboulement
© Laurent Baillet/LGIT-UJF

Pour se prémunir du risque d'éboulement de masses rocheuses identifiées, la télédétection et le suivi temporel de grandeurs mécaniques (telles que les déplacements, les fréquences de résonance, la localisation et l'énergie des ruptures) sont actuellement étudiés afin de servir de base à un futur système d'alerte.

EN SAVOIR +

<http://chamousset.voila.net/>
www-lgit.obs.ujf-grenoble.fr
<http://massa.geoazur.eu>
<http://chamousset2.voila.net>

Face aux crues rapides : entendre l'alerte

« Notre région est très exposée aux risques d'inondation, et sur chacun de nos fleuves et rivières le retour de crues majeures est inéluctable à plus ou moins brève échéance. Prévenir les risques d'inondation, c'est agir pour en réduire le plus possible les conséquences dommageables : en priorité protéger les vies humaines (...) » (J-P. Lacroix, Préfet de Région Rhône-Alpes, 2004).

Face aux phénomènes particulièrement brutaux que sont les crues rapides, l'alerte est un outil de prévention essentiel. La recherche en sciences sociales peut apporter des éléments de compréhension en vue d'une meilleure efficacité de ce processus, notamment en analysant l'écart entre les messages et leur mise en action.

Les crues, un phénomène naturel aux conséquences parfois lourdes

Au cours de son histoire, la région Rhône-Alpes a été touchée par des crues plus ou moins importantes. Une partie du territoire est soumise à des crues violentes par leur intensité et par leur rapidité (les Alpes et la bordure cévenole notamment). Au delà des dommages matériels souvent importants mais localisés, les pertes humaines peuvent être dramatiques. Certains événements ont ainsi marqué récemment la région : le Grand-Bornand en 1987 (23 morts), la Drôme et l'Ardèche, régulièrement touchées par des événements violents entre 1992 et 1994, Saint-Geoire-en-Valdaine en 2002 (1 mort), ou Rive-de-Gier en 2008. La prévision des crues torrentielles et des crues rapides a grandement progressé, mais reste difficile aux plus petites échelles, d'où l'intérêt d'améliorer l'organisation sociale de l'alerte en vue de limiter leur impact humain.



Crue torrentielle du Merdaret,
Saint-Donat-sur-L'Herbasse,
Drôme (7 septembre 2008)
© Photothèque IRMa/
Sébastien Gominet



Crue de l'Isère,
Grenoble (30 mai 2008)
© Photothèque IRMa/
Sébastien Gominet

Les processus d'alerte à la loupe : apports des sciences humaines et sociales

Plusieurs laboratoires en Rhône-Alpes travaillent à améliorer la prévision des crues et les moyens d'alerte de la population. Pour la partie sud de la région, l'Observatoire HydroMétéorologique-Cévennes Vivarais (OHM-CV) s'investit depuis plusieurs années dans ces questions. Cependant, la recherche sociale sur la manière dont cette alerte est fabriquée, relayée, utilisée et comprise du niveau national au local est encore peu développée.

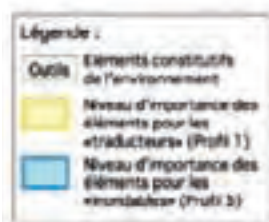
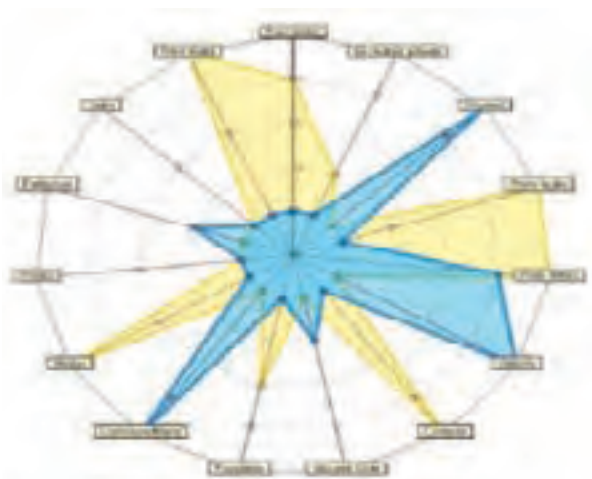
Le Groupe « Risques Crises et Catastrophes » du laboratoire PACTE s'est spécialisé dans l'analyse de la vulnérabilité et des adaptations sociales face à des phénomènes naturels extrêmes. Impliquée depuis 2003 dans l'OHM-CV, l'équipe cherche à analyser les comportements sociaux

face aux phénomènes de crues rapides. Les recherches soutenues par la Région Rhône-Alpes, visent à analyser le processus d'alerte pour mieux comprendre comment les différents acteurs impliqués dans la gestion des crues, depuis les prévisionnistes (météorologues et hydrologues) jusqu'aux maires et aux habitants, se positionnent dans ce processus. Quels sont les dysfonctionnements observables au moment de l'alerte ? Quelles en sont les sources ? Et à l'opposé, quelles sont les ressources disponibles pour les acteurs ? Quelles sont les conditions d'une alerte efficace, permettant d'agir de façon adaptée (évacuation, coupure des routes, etc.) dans un contexte de crues rapides ?

Vers une meilleure compréhension entre les acteurs, pour une alerte efficace

L'analyse sociale du processus d'alerte met en évidence des profils d'acteurs caractérisés par des attitudes différentes pendant l'alerte. À chacun de ces profils correspondent un environnement et des problématiques d'action spécifiques qui peuvent être plus ou moins compatibles entre eux. On voit alors apparaître des incompréhensions, notamment liées à des modes d'utilisation différents des informations et messages, qui sont autant de freins à l'efficacité de l'alerte.

On comprend mieux pourquoi l'émission de messages d'alerte ne produit pas toujours une mise en action systématique. La mise en œuvre de l'alerte suppose en effet toute une série de contrôles, de confrontations, de confirmations et de coordinations préalables à l'action aux différentes échelles. Afin d'améliorer l'efficacité de l'alerte, les scientifiques cherchent à identifier les outils et pratiques qui permettent aux acteurs de se comprendre et de se coordonner, malgré des environnements qui, comme le montre la figure ci-contre, peuvent être disjoints.



Comparaison des environnements d'alerte caractéristiques des « Traducteurs » (Profil 1) et des « Inondables » (Profil 5) montrant l'importance relative accordée aux différents éléments mobilisés – Céline Lutoff et Laurence Créton-Cazanave/UJF

EN SAVOIR +

www.pacte.cnrs.fr

Le cluster Environnement a soutenu financièrement la recherche en sciences sociales sur l'alerte en finançant la thèse de Laurence Créton-Cazanave sur le thème : « Penser d'alerte par les distances. Entre planification et émancipation, l'exemple du processus d'alerte aux crues rapides ».





CHAPITRE **B**
PRODUIRE
PLUS PROPRE
ET MIEUX
DÉPOLLUER

Des déchets pleins d'énergie

La gestion durable des déchets ménagers repose sur quatre principes : la réduction à la source de la production, le recyclage de certains matériaux, la valorisation énergétique, et enfin le stockage. Ce dernier apparaît donc comme le maillon ultime de la gestion des déchets une fois que les mesures de réduction, recyclage et valorisation jugées techniquement et économiquement viables ont été prises. Il doit être réalisé dans des conditions permettant de minimiser l'impact environnemental en contrôlant les émissions de polluants vers la nappe phréatique et l'atmosphère. Il permet également une valorisation énergétique supplémentaire des déchets organiques dont la biodégradation, en l'absence d'oxygène dans les sites de stockage, conduit à la production d'un biogaz contenant généralement plus de 50 % de méthane.

Pour optimiser cette valorisation énergétique, certains développements actuels s'orientent vers la mise en œuvre de sites dits « bioactifs » visant à accélérer la biodégradation des déchets organiques. La maîtrise de ces techniques passe par des études menées à la fois en laboratoire, sur des plateformes d'essais et des sites pilotes.

La gestion des déchets municipaux en région Rhône-Alpes

La région Rhône-Alpes est très sensibilisée au problème de la gestion des déchets. De par sa population (près de 6 millions d'habitants, dont environ 4,5 millions urbanisés), ses activités agricoles et industrielles nombreuses et variées et malgré les efforts de réduction engagés à tous les niveaux, la production de déchets est importante en région Rhône-Alpes (plus de 10 % de la production nationale). Les plans départe-

mentaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés orientent une part croissante de ces déchets vers le tri-recyclage et les traitements biologiques des fractions fermentescibles. L'incinération avec valorisation énergétique et le stockage sont les principales technologies industrielles mises en œuvre pour le traitement des déchets après récupération des matériaux recyclables.

Collecte du biogaz sur un site de stockage
© Jean-Pierre Gourc/LTHE-UJF





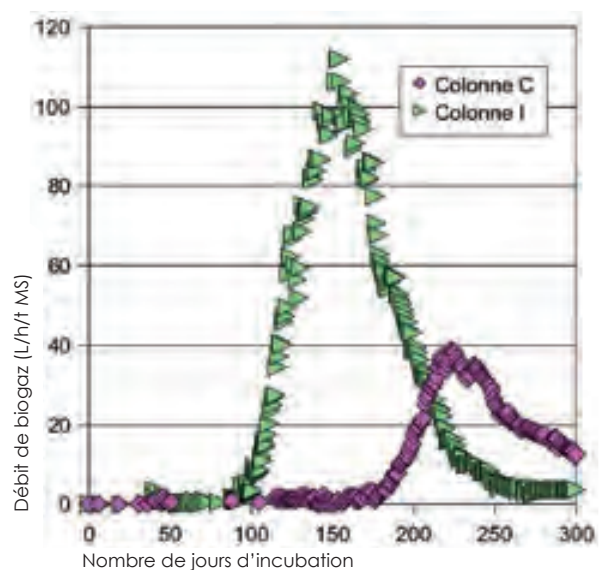
Vue aérienne d'un site de stockage en activité
© Jean-Pierre Gourc/LTHE-UJF

Vers une gestion optimisée des sites de stockage des déchets

Les travaux menés depuis 4 ans sur des sites « bioactifs » et classiques ont permis d'avancer dans la compréhension du comportement des déchets et l'optimisation du fonctionnement des sites de stockage. Les recherches ont montré que le tassement des déchets augmente au fur et à mesure de leur biodégradation, et ont permis d'étudier la répartition de l'eau dans les massifs de déchets.

Elles devraient également permettre d'optimiser la production de biogaz, grâce à des prétraitements biomécaniques et à une humidification des déchets (en leur injectant du jus de décharge), ainsi qu'à l'amélioration des conditions de captage du biogaz produit, qui permettrait de minimiser la libération de gaz à effet de serre.

Le graphe ci-dessous illustre les résultats d'une étude menée sur un site expérimental : il montre que la production de biogaz est très fortement accélérée dans les conditions optimales correspondant à un site « bioactif » (courbe verte), par comparaison aux conditions correspondant à la gestion conventionnelle, dite de « tombe sèche », des sites de stockage (courbe rose).



EN SAVOIR +

www.anr-bioreacteur.fr
www.eedems.com
<http://lgcie.insa-lyon.fr>
www.lthe.fr

Ces travaux contribuent à la recherche de procédés de production d'énergie alternative par l'utilisation de matières résiduelles.

Le Cluster Environnement a soutenu ces travaux, qui font l'objet d'un axe de recherche intitulé « gestion durable des déchets et produits en fin de vie ».





CHAPITRE **C**
**VILLE ET
NATURE**

Des particules dans l'air des villes

La pollution atmosphérique urbaine affecte directement la qualité de l'air que nous respirons et induit une dégradation des écosystèmes et du climat. De plus, elle exerce des conséquences négatives sur la santé publique. Les sources de pollution atmosphérique sont sans frontières : une grande partie est locale (trafic, industrie, chauffage), mais l'apport de polluants des contrées plus éloignées, à l'échelle nationale, continentale (Europe) et intercontinentale (Afrique, Amérique) n'est pas négligeable. Dans la région Rhône-Alpes, plusieurs équipes de recherche sont impliquées dans l'étude de ces questions et développent une recherche de pointe en coopération avec l'autorité régionale de surveillance de la qualité de l'Air, Atmo Rhône-Alpes.

Il n'y a pas que les gaz à effet de serre

Quelle est l'évolution de la qualité de l'air dans notre région, en particulier dans les villes comme Lyon et Grenoble, et quelles sont les sources de cette pollution ? Cette interrogation est importante pour la région Rhône-Alpes car son activité industrielle est forte, son trafic routier est dense et ses habitants sont souvent concentrés dans des zones proches des sources de pollution. Cette situation n'est pas spécifique à la région Rhône-Alpes et elle implique l'ensemble de la communauté internationale des chercheurs et des décideurs économiques, sociaux et politiques. La question récurrente et connue du grand public concerne le gaz carbonique (CO_2) et les autres gaz à effet de serre qui affectent le climat et provoquent le réchauffement global de notre planète.

La communauté scientifique porte également son intérêt sur les aérosols, et notamment sur les particules fines qui ont des conséquences plus locales. La taille de ces particules et leur complexité chimique (sulfate, organique, nitrate, suie) ont en effet un impact sanitaire avéré, mais pas encore parfaitement quantifié. Leur activité dans la dégradation de la qualité de l'air est ainsi source de nombreuses interrogations fondamentales. Cette recherche est réalisée dans le cadre d'une forte coopération avec les instances de surveillance de la qualité de l'air et les autorités sanitaires de la région.

Le LiDAR, instrument de télédétection et d'analyse par laser des particules atmosphériques
© Eric Le Roux/Communication/UCBL



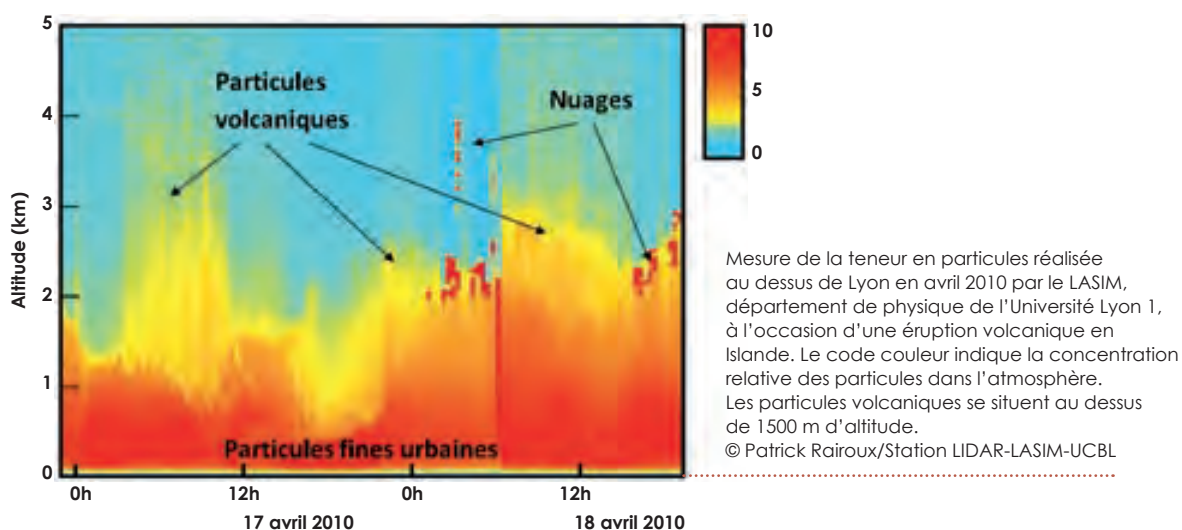
Des progrès significatifs en métrologie et en modélisation

Les recherches récentes ont permis la mise au point d'équipements de haute technologie permettant une analyse extrêmement sensible et précise de la composition chimique et particulaire de l'atmosphère : chromatographie, spectrométrie de masse, LiDAR. Les progrès réalisés en modélisation, associés au développement des moyens de calculs, permettent aujourd'hui de réaliser des simulations numériques de haute résolution spatio-temporelle pour représenter la dispersion des particules dans l'atmosphère urbaine.

Ces résultats importants conduisent à une meilleure évaluation de l'impact de nouveaux polluants sur la qualité de l'air et de l'exposition des populations.

Dans la région Rhône-Alpes, les recherches se sont surtout portées sur les particules (aérosols) émises par le trafic routier et la combustion de bois de chauffage. Plusieurs aspects de la dispersion des polluants dans l'atmosphère ont été abordés :

- le lien entre les sources d'émission de particules et leur concentration dans les couches de l'atmosphère,
- le rôle du relief sur les processus de mélange des polluants dans l'atmosphère.



Six laboratoires de recherche lyonnais et grenoblois sont impliqués dans cette thématique (LMFA, LASIM, IRCELYON, LCME, LGGE, LEGI) depuis plus d'une décennie. Ces équipes ont bénéficié du soutien du Cluster Environnement et ont développé leurs recherches en s'appuyant sur un plateau scientifique partagé portant sur l'analyse et la métrologie de l'atmosphère (ANAMEA) et sur l'observatoire PIMPUS consacré à la collecte des données nécessaires à la compréhension sur le long terme du lien entre qualité de l'air en zone urbaine et santé des populations.

EN SAVOIR +

LMFA : <http://lmfa.ec-lyon.fr/fluco/>

LASIM : www-lasim.univ-lyon1.fr/spip.php?rubrique61

IRCELYON : [www.ircelyon.univ-lyon1.fr/la_recherche/equipes_de_recherche/\(syrcel_identifieur\)/AIR](http://www.ircelyon.univ-lyon1.fr/la_recherche/equipes_de_recherche/(syrcel_identifieur)/AIR)

LGGE : www-lgge.ujf-grenoble.fr/axes/equipes-chang.shtml

LEGI : www.legi.grenoble-inp.fr/web/spip.php?rubrique79

LCME : www.lcme.univ-savoie.fr





CHAPITRE **D**
**ENJEUX
SANITAIRES ET
ÉCOTOXICO-
LOGIQUES**

D'où viennent ces poussières que nous respirons ?

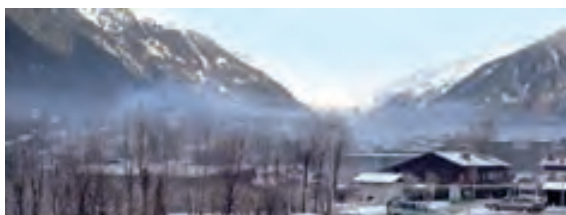
Si l'atmosphère constitue avant tout un important mélange de gaz, elle contient également de la matière condensée liquide ou solide appelée aérosol ou matière particulaire (PM). Au même titre que les polluants gazeux, ces particules impactent fortement la qualité de notre air ambiant. Elles sont rejetées dans l'atmosphère directement par différentes sources naturelles ou anthropiques (aérosols primaires), ou formées dans ce milieu par des processus de conversion gaz-particules (aérosols secondaires). L'ampleur des impacts sanitaires ou environnementaux de ce type de polluants est encore mal évaluée en raison des fortes variabilités des concentrations et des compositions chimiques, en liaison avec des processus complexes de formation et d'évolution de ces particules.

Le Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE) et le Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME) collaborent depuis plusieurs années sur des projets de recherche axés sur une meilleure compréhension des phénomènes de pollution atmosphérique par les particules. La démarche suivie s'appuie sur la caractérisation chimique détaillée des particules pour mieux cerner leurs origines, leurs processus d'évolution, et leurs impacts dans des environnements variés (atmosphère urbaine, rurale, d'altitude, etc.).

La qualité de l'air, une préoccupation importante des populations et des pouvoirs publics

La qualité de l'air est depuis quelques décennies une préoccupation importante des populations et des pouvoirs publics, et un certain nombre de mesures concrètes en ont émergé, particulièrement à la suite de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie et de l'application des nouvelles direc-

tives environnementales européennes. En raison de leurs impacts sanitaires, les particules atmosphériques font partie des polluants soumis à réglementation dans le cadre des plans de surveillance de la qualité de l'air. La réduction du risque sanitaire passe impérativement par une réduction des niveaux d'exposition moyens. La réglementation actuelle fixe pour les PM_{10} (particules dont le diamètre est inférieur à $10 \mu m$) une valeur limite en moyenne annuelle à $40 \mu g/m^3$ et une valeur limite journalière à $50 \mu g/m^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an. La nouvelle directive européenne de 2008 impose à terme une réduction drastique de ces niveaux et une nouvelle valeur limite réglementaire des particules les plus fines ($PM_{2,5}$) à $20 \mu g/m^3$. En 2009, la Commission européenne a mis en demeure la France pour non-respect des directives sur la qualité de l'air et notamment celle concernant la pollution particulaire.



Épisode de pollution particulaire sur la vallée de Chamonix. Programme PoVA (Pollution des Vallées Alpines).
© Jean-Luc Besombes/Université de Savoie

Couche d'inversion
dans les Beauges - © Air-APS



Couche d'inversion
dans la vallée de l'Arve
© Caroline MOUREAUX pour Air-APS

La région Rhône-Alpes est particulièrement touchée par cette problématique puisque de nombreux dépassements des valeurs limites autorisées en PM sont observés sur son territoire. La présence de nombreuses sources d'émission potentielles (industries, axes majeurs de transport routier), le développement de nouvelles filières énergétiques (comme le bois) ainsi que le

caractère transfrontalier de la région sont autant de facteurs pouvant contribuer à cette problématique. À cela, il faut ajouter les topographies des zones de montagne contraignant fortement la circulation atmosphérique et pouvant conduire à des phénomènes d'accumulation des polluants en fond de vallée lors d'épisodes d'inversion thermique.

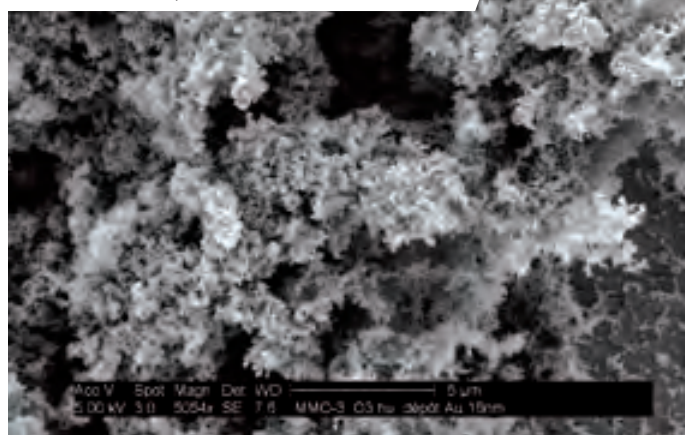
Travaux réalisés sur le sujet dans la région Rhône-Alpes

Plusieurs équipes de recherche de la région Rhône-Alpes apportent une contribution significative à la compréhension des phénomènes de pollution atmosphérique que ce soit au niveau de la caractérisation des émissions, de l'étude des mécanismes d'évolution des polluants, ou encore de la modélisation des concentrations atmosphériques.

Le LCME (Université de Savoie) et le LGGE (CNRS et Université Joseph Fourier de Grenoble) se sont engagés depuis plusieurs années sur une thématique axée sur la caractérisation chimique des aérosols atmosphériques. L'un des objectifs de ces travaux est notamment de pouvoir caractériser et quantifier l'influence des sources responsables des niveaux d'exposition en PM. Ces travaux s'inscrivent également dans le cadre de collaborations avec plusieurs autres équipes régionales (équipes de C. Georges (IRCELYON), de A. Maître

(TIMC), de C. Staquet (LEGI), LTE de l'INRETS) et entrent directement dans le cadre des travaux associés à la proposition d'Observatoire PIMPUS (« Programme Interdisciplinaire de Mesure et de modélisation de la Pollution Urbaine et de son impact sur la Santé ») sur la zone grenobloise. On peut estimer qu'une vingtaine de chercheurs travaillent sur cette thématique en Rhône-Alpes. Bien évidemment, le sujet est également étudié dans le cadre de collaborations étroites engagées avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de la région (GIE Atmo-Rhône-Alpes et Air de l'Ain et des Pays de Savoie).

Cliché de microscopie électronique de suie
© CNRS Photothèque/IRCELYON / SIMONET France



Principaux résultats obtenus

Les travaux réalisés ces dernières années ont montré que la caractérisation chimique des aérosols était indispensable à une meilleure identification des sources et des phénomènes d'évolution des particules atmosphériques. Notamment, l'étude de la Matière Organique Particulaire (MOP) à l'échelle moléculaire permet de compléter ou de préciser les informations déduites des paramètres globaux de l'aérosol tels que la concentration massique totale ou la concentration en carbone. Ainsi, nous avons développé de nouvelles méthodes analytiques ciblées sur des composés spécifiques de sources d'émission ou de certains processus d'évolution. La confrontation de la caractérisation chimique des particules obtenues

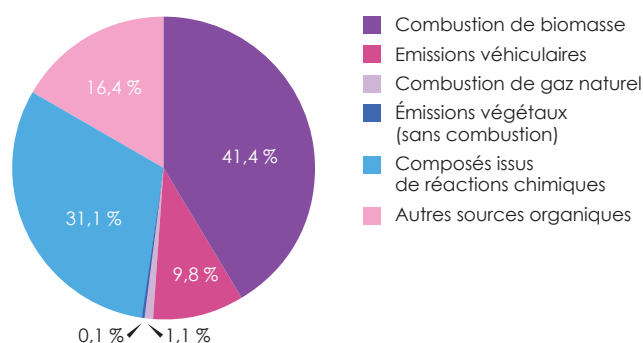
en atmosphère ambiante avec celles obtenues à l'émission a permis de proposer des outils de quantification de l'influence des principales sources de particules sur le taux de PM mesuré. Les études menées non seulement au niveau régional mais également national ont mis en évidence la forte contribution de la combustion de biomasse (de 20 % à plus de 40 %) aux particules atmosphériques en atmosphère urbaine en période hiver-

nale. Elles permettent également de mieux définir les caractéristiques chimiques des particules dans différents environnements et d'appréhender leurs processus d'évolution ainsi que la formation d'aérosols secondaires.

Ces résultats ont fait l'objet de plusieurs publications dans des revues internationales. De plus, ils trouvent des applications directes dans la gestion des épisodes de pollution atmosphérique par une meilleure connaissance des sources impliquées.

Grenoble, janvier 2009

Contributions des sources sur les taux de particules (PM_{2.5}) à Grenoble en janvier 2009 obtenues par l'approche de traceurs de sources (Programme FORMES-PRIMEQUAL PREDIT).
© Christine Piot/UJF – Université de Savoie



Prélèvement en sortie de chaudière au Fioul
© Jean-Luc Besombes/Université de Savoie

En France, seuls 3 laboratoires (dont 2 en région Rhône-Alpes) axent leurs travaux sur la caractérisation des particules atmosphériques à l'échelle moléculaire et seulement quatre ou cinq équipes scientifiques dans le monde réalisent de telles études de caractérisation des aérosols. C'est un véritable savoir-faire qui a été acquis par les laboratoires de la région dans ce domaine. Les méthodes de quantification de l'influence des sources sur les taux de particules en atmosphères ambiantes constituent des outils d'aide à la décision et suscitent un grand intérêt auprès des organismes de gestion des problématiques de pollution atmosphérique. Si ces méthodologies d'étude des particules atmosphériques ont été appliquées dans un premier temps à un contexte régional, elles sont maintenant largement utilisées dans le cadre d'études à l'échelle nationale ou internationale dans lesquelles les deux laboratoires sont engagés (Programmes FORMES, PARTICUL'AIR, MEGAPOLI...).

Au sein des projets du Cluster Environnement, ce sont 4 thèses qui ont pu être financées sur les problématiques de pollution atmosphérique, dont 2 axées sur la chimie des particules atmosphériques. Le Cluster a également apporté son soutien à l'acquisition de divers outils d'analyse nécessaires à cette thématique.

EN SAVOIR +

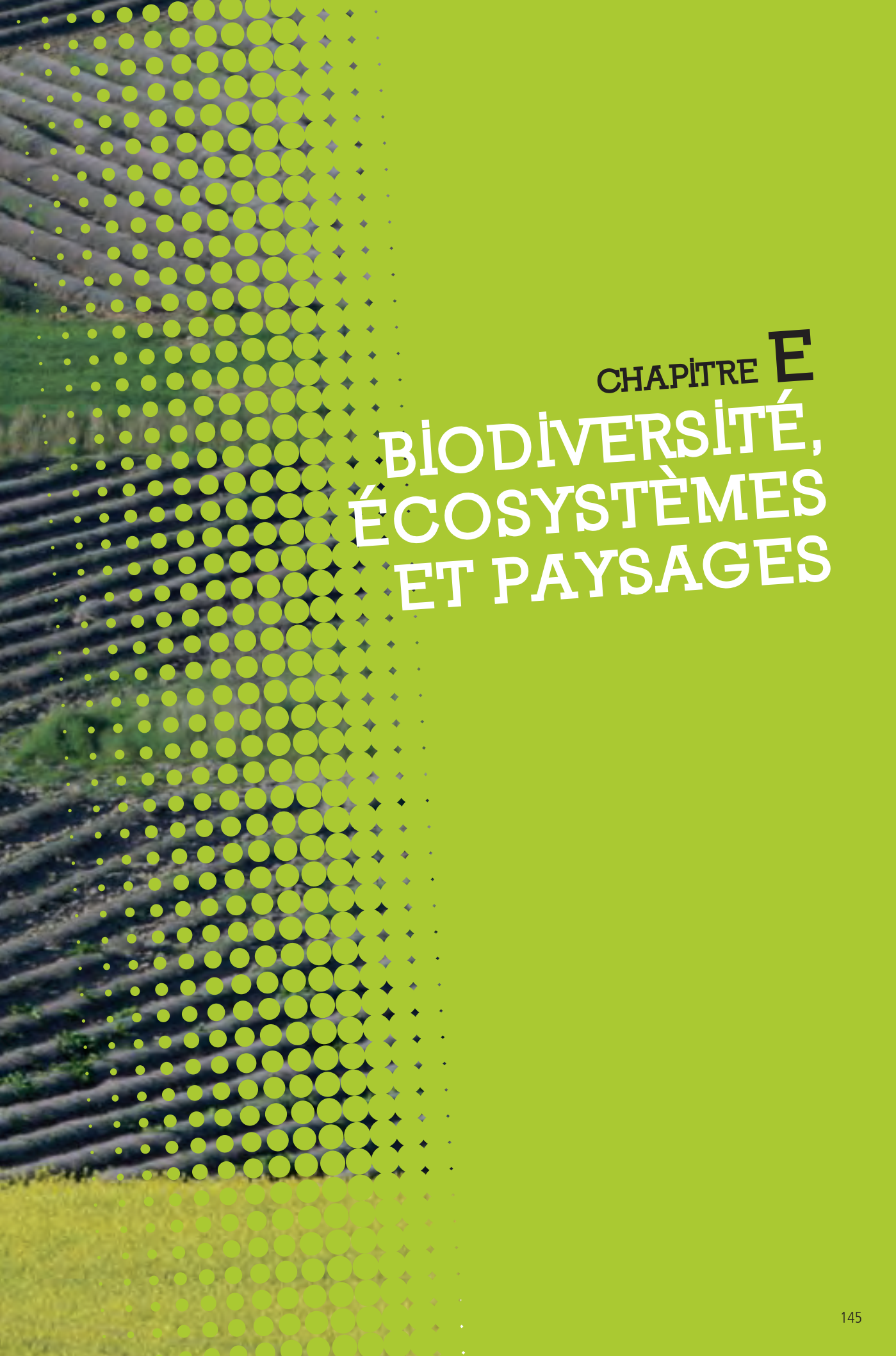
www.transalpair.eu/POVA/

Rapports du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air :

www.lcsqa.org/thematique/metrologie/caracterisation-chimique-des-particules

www.lcsqa.org/thematique/metrologie/caracterisation-chimique-des-particules-bilan-des-campagnes-de-janvier-2008-ja





CHAPITRE **E**
BIODIVERSITÉ,
ÉCOSYSTÈMES
ET PAYSAGES

Les plantes alpines ont du répondant

Soumise à des influences méditerranéennes, continentales et alpines, la région Rhône-Alpes présente une grande richesse floristique. Ce patrimoine floristique est aussi le résultat de l'hétérogénéité des milieux naturels dans le paysage, ce dernier étant fortement conditionné par les activités humaines. Les variations climatiques sont tout autant susceptibles d'influer sur la biodiversité actuelle que l'utilisation des terres. Nos travaux ont porté sur l'étude des capacités de réponse de quelques espèces dominantes des prairies des Alpes à différentes modifications de leurs conditions environnementales.

Capacités d'adaptation des plantes aux changements de l'environnement

Les écosystèmes de montagne sont des zones particulièrement exposées aux changements globaux de l'environnement. De grandes différences climatiques peuvent être observées sur des distances très courtes lorsqu'on s'élève en altitude. L'activité humaine n'est pas absente dans ces milieux, en particulier dans les Alpes où elle a fortement structuré l'utilisation du paysage. Par exemple, les pratiques agricoles sont à l'ori-

gine du maintien, en un certain nombre d'endroits, de prairies à la place de la forêt.

Ces prairies, qui sont conditionnées par la combinaison de conditions climatiques et/ou des pratiques agricoles, présentent une importante biodiversité, avec des espèces patrimoniales parfois rares et emblématiques (orchidées, gentiane jaune, narcisse des poètes...).



Les changements globaux de l'environnement vont affecter les conditions dans lesquelles ces plantes se développent actuellement. Afin d'estimer les conséquences de ces changements sur la biodiversité de ces milieux, il est nécessaire de mieux évaluer la capacité des espèces à répondre aux modifications de leur environnement.

Ces prairies à la biodiversité très riche sont le résultat de pratiques agricoles et de conditions climatiques favorables. Des changements de ces conditions peuvent menacer leur existence - Serge Aubert/SAJF

Deux mécanismes sont susceptibles d'intervenir. D'une part, la variabilité génétique des individus permet à certains d'entre eux de mieux s'adapter aux nouvelles conditions environnementales ; c'est le principe de la sélection naturelle. D'autre part, la plasticité phénotypique (capacité d'un individu à modifier son phénotype dans différents environnements) permet de faire face à de nouvelles conditions environnementales.

Premiers résultats

Les expérimentations menées sur des graminées dominantes des prairies de montagne ont permis de mettre en évidence les mécanismes de réponse aux modifications de l'environnement :

- 1) Les espèces étudiées ne sont pas adaptées à des conditions locales particulières à l'environnement, ce qui indique leur capacité à vivre dans d'autres conditions que celles où on les trouve actuellement ;
- 2) Toutes les espèces observées présentent une grande variabilité génétique. Il existe ainsi un potentiel d'évolution des espèces en réponse à des changements environnementaux ;
- 3) La source principale de la réponse des espèces est la plasticité phénotypique. Ce mécanisme rapide de réponse peut permettre à celles-ci de s'acclimater à des conditions environnementales variables.

Ces premiers résultats mettent en évidence la capacité des espèces à faire face à des modifications de leur environnement. Cependant, compte tenu de la rapidité et de l'amplitude de ces changements, il est nécessaire d'approfondir nos connaissances, en parti-

Dans la mesure où ces deux mécanismes n'agissent pas sur la même échelle de temps, et où l'amplitude de la réponse peut être différente, il est important de connaître leurs rôles respectifs dans la réponse des espèces à un changement environnemental.



Graminée, végétation des alpages – Cemagref/J.-P. Jouglet

culier pour des espèces autres que les graminées, notamment pour des espèces plus rares que celles étudiées. Enfin, compte tenu de la durée de vie de ces espèces (plusieurs dizaines d'années), des expériences à plus long terme devront être menées.


EN SAVOIR +

<http://sajf.ujf-grenoble.fr/IMG/pdf/ZAA.pdf>

Les résultats obtenus lors de cette étude ont bénéficié des travaux précédemment réalisés sur ces milieux en lien avec les pratiques agricoles (projet européen Vista, LECA Grenoble). Pour la mise en place des expérimentations, sur le terrain comme en conditions contrôlées, nous avons pu bénéficier des contacts avec les usagers des prairies ainsi que de l'expertise scientifique et des infrastructures de la Station alpine Joseph Fourier (<http://sajf.ujf-grenoble.fr/>).

Financés par le Cluster Environnement, ces travaux préliminaires, indispensables à la compréhension du fonctionnement des communautés végétales, seront intégrés dans les expériences mises en place par la suite. En particulier, la création d'une Zone Atelier Alpes (ZAA) correspondant aux partenariats entre divers laboratoires et collectivités de la région permettra la mise en place d'expériences à plus long terme, nécessaires pour mieux comprendre la dynamique de ces écosystèmes.





CHAPITRE **F**
**LES EFFETS DU
CHANGEMENT
CLIMATIQUE**



introduction

Rhône-Alpes, un réchauffement particulièrement marqué en montagne

Notre région a subi un réchauffement climatique d'environ un degré sur le dernier siècle, ce qui est comparable au reste du territoire métropolitain, mais avec des spécificités liées à la montagne.

Le recul massif des glaciers, la douceur des hivers et le faible enneigement comptent probablement parmi les signes le plus palpables de ce réchauffement récent. Néanmoins, il est nécessaire de reconstituer ces paramètres climatiques sur une longue période afin d'en démontrer les tendances, d'en comprendre les causes et d'en prévoir l'évolution. Un tel suivi sur le long terme est assuré par l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG), qui regroupe des spécialistes du climat, de la neige, et des glaciers, dont le travail se partage entre observations et reconstitution, modélisation et prévision.

Les études sur les glaciers alpins permettent de reconstituer leur étendue au cours des derniers siècles et de mettre ainsi en perspective leur recul récent. Les glaciers sont de très bons marqueurs des tendances climatiques car ils intègrent et lissent les fluctuations climatiques rapides sur plusieurs années. Certaines données suggèrent ainsi que les glaciers des Alpes ont pu être en retrait pendant la période romaine, ainsi qu'aux IX^e et X^e siècles de notre ère, peut-être même plus qu'aujourd'hui. Au cours du dernier millénaire, les glaciers étaient en moyenne beaucoup plus étendus qu'à l'heure actuelle, particulièrement du XVI^e au XIX^e siècle, période qualifiée de « Petit Âge Glaciaire ». À cette époque, les crues des glaciers ont mis en danger des villages, comme ceux des Bois et du Tour dans la vallée de Chamonix. Depuis le milieu du XIX^e siècle, les glaciers ont massivement reculé dans tout le massif alpin, d'abord en réponse à une baisse des précipitations, puis à un réchauffement au cours du XX^e siècle. Ces variations de l'étendue des glaciers sont parallèles à celles des températures reconstituées, très approximativement, à partir de cernes d'arbres (dendroclimatologie). Ces reconstitutions indiquent en effet une tendance au refroidissement entrecoupée de décennies plus chaudes ou plus froides depuis le X^e siècle jusqu'au milieu du XIX^e siècle, suivie d'un réchauffement qui reste sans équivalent par son amplitude et sa rapidité.

Les chercheurs du laboratoire de glaciologie, en train de réaliser un carottage au sommet du Mont-Blanc, en 2005. Les glaciers alpins situés au dessus de 4 200 m ont vu l'accumulation de neige à leur sommet rester quasi constante depuis 100 ans. Ces masses glaciaires ne sont pas encore affectées par le réchauffement climatique sauf lors d'épisodes exceptionnels comme la canicule de 2003
© CNRS Photothèque / VINCENT Christian

Les relevés continus de températures et de précipitations, effectués dans des stations météorologiques, sont beaucoup plus récents. L'activité des stations de Lyon-Bron et de Genève-Cointrin, qui comptent parmi les plus anciennes, débute au XIX^e siècle. Ces séries de mesures, bien que précises, souffrent néanmoins de biais et de problèmes de continuité liés notamment à l'urbanisation, responsable d'un réchauffement très localisé. Seule la correction de ces biais et discontinuités, appelée « homogénéisation », permet de comparer entre elles différentes séries de mesures. Un autre problème propre à notre région est l'hétérogénéité très forte du milieu montagnard, qui rend très difficile l'extrapolation au relief de mesures météorologiques réalisées en plaine. Le Centre d'Études de la Neige (CEN, laboratoire du Centre National de Recherches Météorologiques, membre de l'OSUG ; **voir fiche 75 sur la neige**) a mis au point un modèle capable d'estimer les conditions météorologiques à l'échelle du versant à partir des conditions à l'échelle régionale.

Ces relevés des conditions météorologiques montrent que la région Rhône-Alpes, hors zones de montagne, s'est réchauffée d'environ 1°C au cours du dernier siècle, avec une accélération nette depuis le début des années 1980. Ce réchauffement est comparable à celui du territoire métropolitain. Il est similaire pour les températures minimales et maximales, de sorte que l'amplitude diurne n'a quasiment pas changé. Le nombre de jours de gel a diminué, tandis que celui des jours de fortes chaleurs a augmenté.

Le constat est assez différent pour la montagne. Le réchauffement y est amplifié, surtout depuis les années 1980, et atteint entre +1,5 et +3°C entre 1 500 et 2 000 m d'altitude. Les températures d'hiver ont davantage augmenté



que celles d'été, notamment celles de fin d'hiver (+2,5°C en Chartreuse, par exemple). Des variations similaires ont été observées en Suisse, ce qui suggère que ces caractéristiques sont spécifiques au milieu montagnard.

Les tendances des précipitations restent difficiles à détecter, notamment en montagne où elles sont très fluctuantes et hétérogènes. Pour les départements du Rhône et de l'Isère, on observe une tendance, bien que faiblement significative (70 %), à l'augmentation des précipitations d'hiver et à la diminution des précipitations d'été.

Aucune tendance significative n'est décelable sur les événements extrêmes, comme les tempêtes et les orages **[voir fiche 73 sur les crues]**.

L'enneigement est encore plus difficile à estimer que les paramètres précédents en raison de sa très forte hétérogénéité et du très faible nombre d'observations qui n'ont débuté, de façon systématique, que dans les années 1970. Les relevés, ainsi que les simulations réalisées par le CEN, montrent une diminution marquée de l'enneigement à moyenne altitude (entre 1 000 et 1 500 m) depuis les années 1980 **[voir fiche 77 sur les sports d'hiver]**.



Les causes de ces changements climatiques et les possibilités de prévision diffèrent selon l'échelle considérée. Les rapports successifs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'étude du climat (GIEC) ont montré que le réchauffement global a largement dépassé les fluctuations naturelles de la température à partir des années 1980, et qu'il est principalement dû à l'augmentation de l'effet de serre d'origine anthropique. Ce réchauffement global se poursuivra au cours du XXI^e siècle, avec l'augmentation de l'effet de serre. L'impact de ce réchauffement sur le climat régional n'est toutefois pas encore évident à moyen terme (10-30 ans). En effet, des fluctuations de la température régionale engendrées par l'océan Atlantique Nord et l'activité solaire peuvent persister plusieurs décennies, et venir aggraver ou tempérer le réchauffement global. Certaines études suggèrent ainsi une possible stabilité du climat de l'Europe occidentale au cours de la prochaine décennie, avant que le réchauffement global ne s'impose. Ces changements climatiques devraient rester amplifiés en montagne.

En ce qui concerne les précipitations, la plupart des modèles climatiques s'accordent sur leur diminution dans la partie sud de la France au cours des prochaines décennies, particulièrement en été.

EN SAVOIR +

www.obs.ujf-grenoble.fr

Le glacier de Saint-Sorlin, dans les Grandes Rousses, a déjà perdu plus de 30 mètres d'épaisseur au cours du XX^e siècle et va continuer à reculer tout au long du XXI^e siècle.

© Delphine Six, LGGE (CNRS/OSUG)



La neige, une victime du changement climatique ?

Composante essentielle des milieux montagnards, la neige est très sensible à l'évolution du climat. Le Centre d'Études de la Neige a mis en place une climatologie de l'enneigement et des principaux paramètres météorologiques sur l'ensemble des Alpes françaises de 1958 à nos jours. Elle permet de rendre compte de la variabilité de l'enneigement en fonction des massifs et des saisons. Les résultats permettent également de mettre en évidence des tendances sur les principaux paramètres liés au manteau neigeux (hauteur de neige, température de l'air, précipitations).

La neige, élément naturel indispensable dans nos montagnes

Selon les membres du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la température moyenne de l'air à la surface de la Terre a augmenté de 0,65°C depuis le début des années 1950. Cette augmentation se décline différemment suivant les régions du globe, et certains systèmes montrent déjà des évolutions qui semblent induites par l'évolution du climat. Parmi eux, la neige se révèle particulièrement sensible aux changements en cours. En effet, son évolution est étroitement liée aux conditions météorologiques et elle interagit fortement avec l'atmosphère à l'échelle de la planète. Dans notre région, la neige est un élément omniprésent pendant la saison hivernale. Elle conditionne l'activité économique et touristique dans les massifs montagneux. Elle constitue en outre un formidable réservoir d'eau restituée au printemps et qui alimente de nombreux utilisateurs. La neige est aussi une composante importante de nombreux écosystèmes de montagne. Enfin, elle est aussi génératrice de risques tels que les avalanches ou les crues des rivières au printemps.

La neige, une composante essentielle de l'environnement montagnard.
© Pierre Etchevers/CEN
(Météo France/CNRS)



Mesures et surveillance du manteau neigeux

Pour répondre à la question de l'évolution du manteau neigeux dans les Alpes françaises, Météo-France s'appuie sur ses services de la région Rhône-Alpes. Le Centre d'Études de la Neige (CEN) a pour missions la recherche sur le manteau neigeux et le développement d'outils spécifiques. Il dispose de différents moyens : serveurs de calcul, chambres froides pour les expériences en laboratoire, sites de mesures en altitude dédiés à l'observation du manteau neigeux. Les Centres Départementaux de Météo-France sont responsables du réseau d'observations nivo-météorologiques, dont le fonctionnement est assuré en partenariat avec les stations

de ski. Grâce à ce réseau, des observations météorologiques et nivologiques sont collectées quotidiennement en altitude afin d'alimenter les modèles numériques.

Site de mesures du Col de Porte, situé à 1 320 m dans le massif de la Chartreuse (à 20 km de Grenoble) - © Météo-France



Neige et changement climatique : chronique d'une diminution annoncée

Les travaux menés sur les observations mettent en évidence certaines tendances, mais ces résultats sont partiels en raison de la faible densité du réseau d'observation, du manque de longues séries homogènes de qualité, de l'évolution des protocoles de mesures, et de l'absence d'instrumentation en zones d'altitude. C'est pourquoi les chercheurs du Centre d'Études de la Neige ont construit une climatologie pour les années de 1958 à nos jours, basée sur des modèles numériques de manteau neigeux alimentés par des observations de terrain et des résultats de modèles météorologiques. Les résultats ont été validés par comparaison avec les données de hauteur de neige observées par le réseau nivo-météorologique. Ils donnent une image globale

de l'enneigement et des paramètres météorologiques de surface dans les Alpes françaises, permettant de quantifier la variabilité temporelle et spatiale. Il s'avère que la température de l'air hivernal a augmenté de 1°C en moyenne au cours des 50 dernières années, alors que les précipitations totales n'ont pas évolué. Ceci se traduit par une diminution des précipitations neigeuses et de la hauteur de neige moyenne au sol pendant l'hiver. Ces tendances sont particulièrement marquées en moyenne montagne (altitude inférieure à 1 800 m), alors qu'elles ne sont pas significatives à plus haute altitude. Ces résultats montrent des tendances tout à fait comparables à celles observées dans d'autres pays de l'Arc Alpin (Suisse, Autriche).

EN SAVOIR +

www.cnrm.meteo.fr

Les chercheurs du Centre d'Études de la Neige ont mis en place une méthode innovante pour créer une climatologie nivo-météorologique des massifs de la région Rhône-Alpes. Les résultats obtenus aideront à la gestion et à la compréhension des ressources économiques et environnementales liées au manteau neigeux.

Les espaces protégés alpins peuvent-ils sauver les migrants climatiques ?

Soumises à des influences méditerranéennes, continentales et alpines, les Alpes françaises présentent une forte diversité biologique. Outre le conditionnement par les activités humaines, cette grande diversité est due à la forte hétérogénéité du milieu et aux contrastes climatiques qui existent sur de très faibles distances. La biodiversité en montagne est fortement structurée par les conditions de température (ex : étages altitudinaux de la végétation). Des travaux récents ont permis une évaluation de l'influence des changements climatiques sur la dynamique de la végétation des Alpes françaises et la pertinence des réseaux d'aires protégées.

Niches climatiques et changements climatiques : une question de sensibilité

Les Alpes françaises sont des zones particulièrement exposées aux changements climatiques. Chaque espèce vivante possède des exigences climatiques particulières qui lui permettent de se reproduire et de maintenir des populations viables. Ces exigences, communément appelé « niches bioclimatiques », permettent de quantifier la tolérance de chaque espèce aux variations de milieu. Une espèce avec une niche bioclimatique restreinte sera d'autant plus sensible que le changement de climat ira dans une direction opposée à ses exigences.

Dans le cas extrême où une espèce se retrouve en dehors de sa niche bioclimatique à cause des changements climatiques, trois réponses non exclusives sont possibles : l'extinction locale, la migration pour retrouver des conditions adéquates ou l'adaptation génétique aux nouvelles conditions.



Il est encore trop difficile de prévoir quelles espèces ont la capacité à s'adapter génétiquement de manière très rapide (en l'espace de 50 ans). En revanche, il est possible de modéliser la niche bioclimatique des espèces et d'estimer leur répartition actuelle et future afin d'identifier des zones potentiellement favorables. Il est en effet indispensable d'évaluer la pertinence du réseau d'espaces protégés actuel pour déterminer sa capacité à tamponner les effets des changements climatiques.

Anticiper les changements globaux pour la sauvegarde des espèces végétales de nos montagnes

Une équipe du Laboratoire d'Écologie Alpine de Grenoble travaille sur la modélisation de l'ensemble des espèces végétales des Alpes françaises dans le cadre du projet « DIVERSITALP » de

l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR). Réalisés en partenariat avec les Conservatoires Botaniques Nationaux Alpin et Méditerranéen et la Station Alpine J. Fourier, ces travaux permet-

tent aussi d'évaluer en fonction de différents critères, la pertinence du réseau d'espaces protégés des Alpes (Parcs nationaux, régionaux et Natura 2000) pour l'horizon 2100.

Parmi les espèces modélisées, on retrouve les espèces typiques des montagnes à haute altitude, telles que la pulsatille des Alpes et l'androsace alpine, mais aussi des végétaux plus caractéristiques des plaines tels que le hêtre ou le chêne pubescent.

Les premières modélisations de l'ensemble des espèces des Alpes françaises, soit 3 000 environ, ont pu être réalisées à l'aide de modèles statistiques, à une résolution de 100 x 100 m en fonction de différents scénarios de changement climatique sur les 100 prochaines années.

Les espèces répondent de manière individuelle : certaines sont très sensibles (forte perte d'aire de répartition), en particulier les espèces de très haute altitude qui n'auront pas la possibilité de « migrer » vers les hauteurs, tandis que d'autres seraient peu vulnérables.

Une dizaine d'espèces seulement pourrait se retrouver en dehors de tout espace protégé, ce qui montre le positionnement relativement perti-

nent des espaces protégés dans les Alpes.

Toutefois, dans la mise en place de nouvelles stratégies de conservation, les changements globaux devraient être pris en compte pour assurer la persistance des espèces.

Compte tenu de la rapidité et de l'amplitude de ces changements, il est nécessaire d'approfondir nos connaissances sur les capacités des espèces à migrer (vont-elles pouvoir migrer assez rapidement dans les nouveaux habitats ?) et à s'adapter rapidement aux nouvelles conditions. Les efforts actuels se concentrent donc sur ces deux points.



EN SAVOIR +

<http://sajf.ujf-grenoble.fr/>

Les résultats de cette étude sont obtenus par des chercheurs de la région, grâce à des financements européens et de l'ANR.

Les chercheurs ont travaillé en lien avec le Conservatoire Botanique National Alpin et le Parc National des Écrins, et ont bénéficié de l'expertise botanique de la Station Alpine Joseph Fourier.

Les 4 photos de cette fiche illustrent des exemples de plantes des Alpes modélisées dans le cadre du projet Diversitalp. De gauche à droite et de haut en bas : l'androsace alpine, la pulsatille des Alpes, le chêne pubescent et le hêtre
© Serge Aubert, LECA (UJF) et Station Alpine Joseph Fourier







CHAPITRE **G**
LES OUTILS
DE CONNAISSANCE
DE L'ENVIRONNEMENT

Qu'est-ce qu'un observatoire de l'environnement ?

Les systèmes environnementaux sont d'une grande complexité. De très nombreux processus élémentaires interviennent et s'influencent les uns les autres. Ces processus sont eux-mêmes complexes et souvent « non linéaires ». Ainsi, les réactions d'un système environnemental à des sollicitations externes identiques peuvent être très différentes si les états initiaux du système au moment de cette sollicitation diffèrent, même légèrement. Il s'agit en effet de systèmes dynamiques, susceptibles de se modifier dans le temps sous l'effet de diverses influences résultant de l'action de l'homme ou d'autres évolutions, climatiques par exemple. Les processus en jeu, ainsi que les modifications d'état des systèmes environnementaux, se développent et se combinent en outre à des échelles de temps et d'espace très diverses.

Observer sur le long terme

Une meilleure compréhension du fonctionnement et des réactions de ces systèmes passe par leur observation aux différentes échelles d'espace et de temps en jeu. Il est en particulier indispensable de pouvoir inscrire ces observations dans le long terme, sans quoi les réponses à des sollicitations variées, rares et extrêmes, les évolutions lentes ou différées, et l'estimation statistique de l'apparition de certains phénomènes restent inaccessibles.

En risquant un parallèle avec d'autres systèmes complexes, la compréhension de l'évolution de notre univers nécessite elle aussi l'accès à des pas de temps longs. L'originalité de l'observation spatiale, c'est qu'elle permet d'accéder à un passé très lointain de l'évolution de l'univers en observant loin. Quoi qu'il en soit, la compréhension de l'environnement dans lequel nous vivons nécessite de disposer « d'observatoires de l'environnement », tout comme il est nécessaire d'avoir recours à des observatoires de l'univers pour l'étude du cosmos.

L'inscription dans la durée du suivi et des observations est donc une caractéristique commune à tous les observatoires de l'environnement et c'est principalement en cela qu'ils se distinguent de sites que l'on pourrait qualifier d'« expérimentaux », où l'objectif consiste à étudier les relations entre des conditions expérimentales connues et maîtrisées, et la réponse d'un système, comme on le ferait au laboratoire sous conditions contrôlées.

Un équipement mis en place par l'OTHU : bassin sec d'infiltration, IUT Villeurbanne (69) – © OTHU/UCBL HBES



Observer à la bonne échelle

Les observatoires de l'environnement peuvent différer par l'échelle spatiale concernée, qui dépendra de la taille du système étudié, par rapport à laquelle l'échelle du dispositif d'observation doit être cohérente. La compréhension du fonctionnement physique d'un petit bassin versant de montagne peut être abordée à des échelles de quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres carrés, alors qu'une échelle régionale est incontournable dès lors qu'il s'agit également de comprendre les interactions d'un

système physique avec des activités humaines. Dans le dispositif actuel de la recherche française, les premiers sont qualifiés d'*Observatoires de Recherche en Environnement (ORE)* et les seconds de *Zones Ateliers*. Ces deux niveaux de dispositifs font l'objet d'une validation par le Ministère de la Recherche, le label ORE étant en train d'évoluer vers celui de *Service d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche sur l'Environnement (SOERE)*.

Les observatoires en région

La région Rhône-Alpes abrite plusieurs observatoires de l'environnement dédiés à différents systèmes environnementaux et différentes problématiques de la région.

- Zone Atelier Bassin du Rhône : suivi des effets des actions anthropiques (aménagement, restauration) sur le fonctionnement des hydrosystèmes ;
- Zone Atelier Alpes ;
- Observatoire du Lautaret ;
- GlacioClim : évolution des glaciers notamment en relation avec le climat ;
- RAP et SISMALP : sismicité régionale et nationale ;
- GPS : connaissance des risques sismiques mais également météorologiques ;
- MOUVARGI : spatialisation du risque d'instabilité des terrains ;
- OHMCV : prévision des crues éclair ;
- ORE-Draix : évolution des dégradations érosives rapides et des crues torrentielles ;
- OTHU : Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine ;
- PIMPU : pollution en milieu urbain montagnard fortement industrialisé ;
- CSDU : site observatoire sur le stockage de déchets ultimes à Chatuzange ;
- SAAM (Site Atelier Ardières Morcille) : impact des pratiques agricoles sur la qualité des eaux.

Observatoire du Lautaret : étude de la biodiversité alpine à différentes échelles – © Serge Aubert/SAJF

Observatoire du Lautaret : zone expérimentale en conditions semi-contrôlées – © Serge Aubert/SAJF



Pourquoi des Zones Ateliers dans la région Rhône-Alpes ?

La région Rhône-Alpes dispose d'un patrimoine hydrologique et d'écosystèmes originaux et diversifiés qui subissent de fortes pressions anthropiques. Deux réseaux d'équipes de recherche, labellisés par le CNRS comme « Zones Ateliers », se sont structurés en plateformes régionales de recherche sur les anthroposystèmes pour travailler sur les relations entre la société et son environnement, ainsi que pour créer des lieux d'échange et de transfert des connaissances scientifiques entre les acteurs du territoire.

Deux Zones Ateliers lancent des suivis à long terme sur des territoires régionaux

La Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR), étudie les écosystèmes aquatiques sur l'ensemble du bassin du Rhône, leur état, leur évolution. Elle se concentre sur :

- les impacts des changements climatiques sur les ressources physiques et biologiques ;
- les relations entre habitat, hydrologie, dynamique fluviale et biodiversité, et les effets des modes de gestion du fleuve ;
- l'impact des contaminants sur les milieux aquatiques et la biodiversité ;
- la mise en place d'un dispositif d'observation sociale du fleuve.

Ces travaux sont conduits sur plusieurs « sites ateliers » permettant d'appréhender plusieurs situations typiques de la région.



Localisation des sites et observatoires de la ZABR en 2010

La Zone Atelier Alpes (ZA Alpes) étudie les dynamiques couplées des écosystèmes terrestres alpins, de leurs usages et du climat. Elle travaille sur deux sites contrastés, le Vercors et l'Oisans, et porte une ambition pluridisciplinaire :

- observations des écosystèmes, analyses des mécanismes : écologie, biologie, biochimie, biogéochimie ;
- selon les usages et leurs transformations : agronomie, foresterie, sociologie ;
- ancrage fort au sein des territoires : économie territoriale, géographie, sociologie ;
- dans un contexte de changements climatiques : climatologues, hydrologues.



Répartition géographique de l'activité de la Zone Atelier Alpes

Ces recherches sont menées en concertation avec les acteurs du bassin et des territoires, avec lesquels une partie des recherches est co-construite et auxquels les résultats sont présentés régulièrement.

Avancées scientifiques des Zones Ateliers de Rhône-Alpes

La ZABR fait progresser les connaissances dans 4 domaines :

● Changements climatiques et ressources

Les modèles prévoient une réduction des débits aux étiages estivaux combinée à des crues de courte durée plus fréquentes. L'équilibre des échanges entre le Rhône et ses nappes devient très précaire, avec pour conséquence l'assèchement de zones humides dépendant de la nappe et l'impossibilité, sur certains secteurs, d'envisager des captages supplémentaires.

● Relations entre dynamiques physiques et biodiversité

Les recherches révèlent l'incision généralisée des rivières de Rhône-Alpes. Plusieurs causes sont identifiées : les barrages hydroélectriques, le changement de l'occupation des sols et les dérégulations de l'hydrologie. Les conséquences de ces perturbations sur les biocénoses aquatiques sont à l'étude.

● Dynamiques des flux polluants et leurs effets sur les écosystèmes

Les impacts bio-physico-chimiques des polluants ont été documentés dans différents contextes (urbains, agricoles, industriels). La pollution associée aux matières en suspension contribue aux flux polluants rejetés dans le fleuve et ses sous-bassins. Les crues ont des impacts sur les flux de polluants toxiques (transfert vers l'aval, modification de l'exposition des organismes aux contaminants). À petite échelle, des méthodes de réduction des flux polluants, comme les bandes enherbées en bord de cours d'eau, sont testées. À plus large échelle, des modélisations se développent (par ex. sur les PCB).

● Observation sociale du fleuve

Des recherches caractérisent les relations « homme - cours d'eau » et permettent ainsi d'identifier les aspects non visibles et non quantifiables des politiques de développement de territoire.

Les travaux fédérateurs engagés par la ZA Alpes, plus récente, concernent :

- les liens entre dynamiques globale et régionale du climat en Vercors et leurs impacts sur le cycle de l'eau et les dynamiques des écosystèmes ;
- l'adaptation des territoires alpins à la recrudescence des sécheresses dans un contexte de changement global ;
- l'impact des changements climatiques et d'utilisation des terres sur le cycle du carbone dans les paysages de montagne ;
- les enseignements sur les attentes des chercheurs en biodiversité de trois sites LTER (Long Term Ecosystem Research Network) en cours de construction du réseau européen Alternet.

EN SAVOIR +

<http://www.zabr.org> ; <http://zaa.cemagref.fr>

Le Cluster Environnement soutient ces recherches qui font l'objet des projets 1, 3 B, 4, 5, 6 et 8 B.

Les travaux de la ZABR ont été valorisés dans l'ouvrage « Le Rhône en 100 questions », accessible en ligne sur le site de la ZABR.

Prendre la mesure des torrents en crue

La région Rhône-Alpes connaît chaque année des crues torrentielles. La connaissance de ces phénomènes et des processus associés est fondamentale pour la gestion des risques naturels et de l'environnement en montagne. Elle repose en grande partie sur notre aptitude à collecter des données d'observation en conditions naturelles. Plusieurs équipes conçoivent, testent des solutions métrologiques originales et compilent de longues séries d'observations dans des environnements difficiles à appréhender.



Bassin versant de Draix : végétalisation de ravines pour lutter contre l'érosion © Cemagref/Andreassian V.

La prévision des crues torrentielles nécessite la mise en place d'instrumentations innovantes

Les rivières de montagne sont réputées pour produire des crues rapides et violentes aux conséquences parfois dramatiques. Afin d'éviter des drames, tel celui du Grand-Bornand en 1987, ou celui de la vallée de la Maurienne en 2008, il est impératif d'améliorer la prédiction des crues et de leurs conséquences hydromorphologiques (inondations, érosion des berges, engravements, défluviations). Les crues torrentielles et le transport des sédiments associé contribuent à la dynamique géomorphologique des plaines alluviales et jouent à ce titre un rôle moteur sur l'écologie des hydrosystèmes alpins. Les conséquences de l'interruption ou

de l'amplification du transport solide peuvent être à l'origine de dégradations environnementales importantes : disparition des habitats, colmatage des fonds, dépérissement des forêts alluviales...

L'observation des crues au moyen de dispositifs expérimentaux de terrain est essentielle pour améliorer la prévision des réponses hydrologiques et sédimentaires et la compréhension des mécanismes qui les gouvernent. Des efforts importants sont consacrés par des équipes rhônalpines pour développer et tester des technologies innovantes en matière de mesure hydrologique et sédimentaire.

L'ORE Draix-Bléone, un dispositif unique en France en matière de suivi hydro-sédimentaire des rivières de montagne

Observatoire de Recherche en Environnement labellisé par le CNRS et situé en région PACA, bien que géré par des laboratoires grenoblois, l'ORE Draix-Bléone est représentatif des hydrosystèmes méditerranéens de montagne, également très représentés en Rhône-Alpes (montagnes drômoises et ardéchoises). Créé en 2002, il rassemble 14 laboratoires (dont 5 en Rhône-Alpes : Cemagref à Grenoble et Lyon, Laboratoire d'Étude des Transferts en Hydrologie et Environnement et Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique de Grenoble, Laboratoire Environnements Dyna-

miques et Territoires de Montagne de Chambéry) constituant un large éventail de disciplines (hydrologie, géomorphologie, géochimie, géologie, hydraulique, ingénierie écologique, géomatique) réunies autour de la question des réponses hydrologiques et sédimentaires aux sollicitations climatiques. L'Observatoire comprend 12 stations de mesure réparties sur l'ensemble du bassin de la Bléone. Les mesures sont réalisées sur des surfaces drainées qui s'échelonnent de quelques m² à plusieurs centaines de km². L'Observatoire dispose de longues chroniques sur le transport solide.

Une instrumentation de l'observatoire à la hauteur des recherches en cours

Les recherches ont permis d'améliorer les connaissances sur les temps de réponse des torrents aux sollicitations pluviométriques, de quantifier les débits de pointe et le transport solide et d'estimer l'effet de la végétation sur les crues et l'érosion. De nombreuses techniques originales sont déployées pour mesurer les flux liquides et solides et les processus associés : turbidimètres à rétrodiffusion optique, spectro-pluviomètres, traçage sédimentaire par radio-identification, imagerie LiDAR, mesure acoustique du charriage. Elles sont associées à d'autres techniques plus traditionnelles (pluviomètres, canaux auto-jaugeurs, capteurs ultrasoniques, préleveurs d'échantillons...). L'ensemble du dispositif permet de mesurer en continu la pluie, les écoulements, le transport solide, l'humidité et la température du sol. Des mesures plus ponctuelles sont également réalisées pour répondre à des problématiques spécifiques : écoulements préférentiels en milieu fracturé, dépôts et reprises de sédiments dans les lits, déclenchement de coulées de débris sur versants sous pluie artificielle.



Bassin du moulin à Draix
© Cemagref/Mathys N.

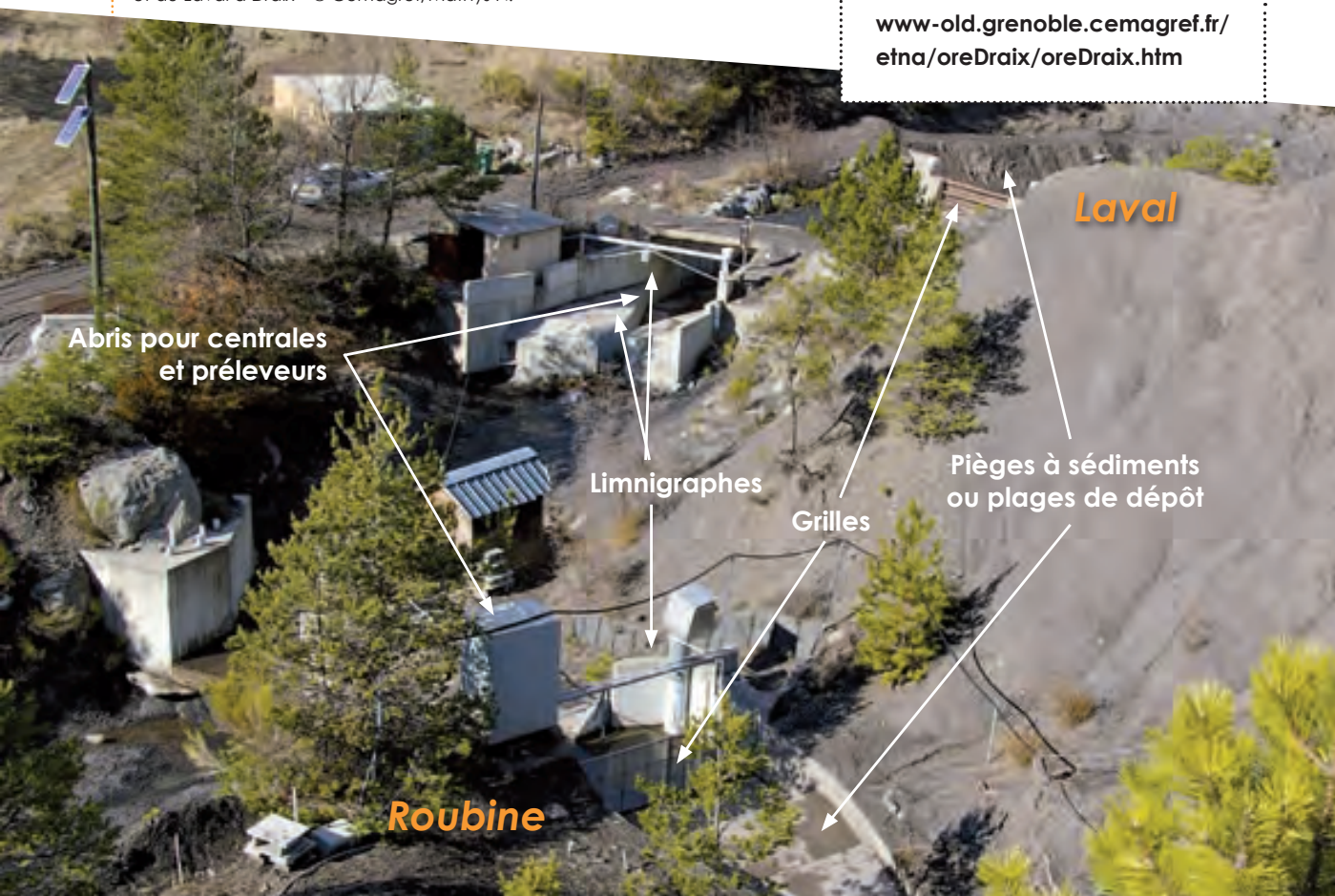
L'Observatoire participe au réseau des ORE et coopère avec plusieurs équipes internationales.

Le Cluster Environnement soutient depuis plusieurs années l'ORE Draix-Bléone. De nombreux laboratoires de Rhône-Alpes participent activement aux recherches conduites au sein de cet observatoire.

Dispositifs de mesure installés à l'exutoire de la Roubine et du Laval à Draix – © Cemagref/Mathys N.

EN SAVOIR +

www-old.grenoble.cemagref.fr/etna/oreDraix/oreDraix.htm



Les auteurs de cet ouvrage collectif

Le comité de rédaction

Gudrun Bornette (LEHNA UMR 5023, UCBL/CNRS),
Sandra Bragues (Les Péniches du Val de Rhône),
Jean-Jacques Brun (EM, Cemagref), Bernard Chocat
(LGCIE EA 4126, INSA de Lyon), Anne Clémens
(ZABR), Vanessa Cusimano (Cluster Environnement),
Géraldine Fabre (Université de Grenoble), Jeanne Garric
(MAEP, Cemagref), Valérie Laforest (SITE, ENSM.SE),
Christian Lévêque (IRD), Jacky Mazars (3S-R UMR
5521, Grenoble INP), Marcel Miramond (Humanités,
INSA de Lyon), Yves Perrodin (LEHNA UMR 5023,
ENTPE), Hervé Piégay (EVS UMR 5600, CNRS/ENS Lyon),
Didier Richard (ETNA, Cemagref), Claudine Schmidt-
Lainé (CNRS)

Introduction

Christian Lévêque (IRD)

1- La recherche en environnement dans la région Rhône-Alpes

Bernard Chocat (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon,
Cluster Environnement)

2- Le Cluster Environnement

Claudine Schmidt-Lainé (CNRS, Cluster Environnement)

3- Envirhônalp

Cécile Delolme (LEHNA UMR 5023, ENTPE, Envirhônalp)

Chapitre A : Les risques naturels

4- Introduction - Les risques naturels, un sujet majeur en Rhône-Alpes

Jacky Mazars (3S-R UMR 5521, Grenoble INP),
Hervé Piégay (EVS UMR 5600, CNRS, ENS Lyon)

5- Le sol bouge, les chercheurs veillent

Denis Jongmans, Stéphane Garambois,
Agnès Helmstetter (LGIT UMR 5559, UJF)

6- Les séismes en Rhône-Alpes sont rares...

Philippe Guéguen (LCPC, LGIT UMR 5559, UJF)

7- Attention, falaise instable !

Laurent Baillet (LGIT UMR 5559, UJF), Thierry Villemin
(LGCA UMR 5025, Université de Savoie)

8- Danger... Avalanches !

Didier Richard, Florence Naaim (ETNA, Cemagref)

9- Torrents de montagne : alerte aux crues

Jean-Marc Tacnet (ETNA, Cemagref)

10- Embâcles : un bien pour un mal ?

Hervé Piégay (EVS UMR 5600, CNRS, ENS Lyon),
Yves-François Le Lay (EVS UMR 5600, ENS Lyon)

11- La rivière a besoin de ses cailloux

Frédéric Liébault (ETNA, Cemagref),
Norbert Landon (EVS UMR 5600, Lyon 2)

12- Inondations, prendre le problème en amont

Christine Poulard (HH, Cemagref)

13- La ville accélère l'eau

Isabelle Braud (HH, Cemagref)

14- L'excès de pluie, un aléa qui gagne à être connu

Jacques Comby, Florent Renard
(EVS UMR 5600, Lyon 3)

15- Face aux crues rapides : entendre l'alerte

Céline Lutoff, Laurence Creton-Cazanave
(Pacte UMR 5194, UJF)

Chapitre B : Produire plus propre et mieux dépolluer

16- Introduction - Soyons "clean" !

Valérie Laforest (SITE, ENSM.SE)

17- Alpage et lagunage

Jacques Bourgois (SITE, ENSM.SE)

18- Des roseaux pour laver l'eau

Pascal Molle, Alain Liénard (MAEP, Cemagref)

19- De l'ozone pour une page blanche

Marc Arousseau, Nathalie Marlin, Davide Beneventi
(LGP2 UMR 5518, Grenoble INP)

20- Comment traiter les PCB dans les sédiments ?

Christine Bazin (POLDEN-INSVALOR), Jacques Méhu
(LGCIE EA 4126, INSA de Lyon, EEDEMS)

21- Du sable dans le biogaz ?

Patrick Germain, Gaëlle Ducom
(LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

22- Des déchets pleins d'énergie

Jean-Pierre Gourc (LTHE UMR 5564, UJF),
Rémy Gourdon (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

23- Recyclons les boues industrielles

Valérie Laforest, Jacques Bourgois (SITE, ENSM.SE)

24- Des entreprises à la recherche de procédés de plus en plus propres

Valérie Laforest, Gaëlle Raymond, Eric Piatyszek
(SITE, ENSM.SE)

25- Mini-taille, maxi-performance pour l'usine du futur

Mathieu Helft (Rhodia), Claude De Bellefon (LGPC UMR 5285, CPE Lyon)

Chapitre C : Ville et nature

26- Introduction – Urbanisation et environnement

Michel Lussault (Université de Lyon, EVS UMR 5600, ENS Lyon)

27- La ville propre, une utopie ?

Bernard Chocat (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon),
Marcel Miramond (Humanités, INSA de Lyon),
Jean-Yves Toussaint (EVS UMR 5600, INSA de Lyon)

28- Se déplacer propre

Michel Lance (LMFA UMR 5509, UCBL)

29- L'eau du robinet coule de source

Blandine Clozel-Leloup (BRGM)

30- La pluie en ville salit-elle les nappes ?

Sylvie Barraud, Bernard Chocat
(LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

31- Sortir la pluie des égouts ?

Elodie Brelot (GRAIE),
Bernard Chocat (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

32- Dois-je récupérer l'eau de pluie ?

Bernard Chocat (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

33- Grandes villes et petits ruisseaux

Pascal BREIL (HH, Cemagref)

34- Chats des villes ou rats des champs

Dominique Pontier, Franck Sauvage
(LBBE UMR 5558, UCBL)

35- Favoriser la nature en ville

Sylvie Vanpeene-Bruhier (EM, Cemagref)

36- Des particules dans l'air des villes

Patrick Rairoux (LASIM UMR 5579, UCBL),
Jean-Luc Jaffrezo (LGGE UMR 5183, CNRS)

37- Villes et usines : une cohabitation à risque

Jean-Marie Flaus, Daniel Brissaud
(G-SCOP UMR 5272, Grenoble INP)

38- Risques industriels : quand l'erreur n'est pas seulement technique...

Michèle Dupré (Centre Max Weber UMR 5264, ISH)

Chapitre D : Enjeux sanitaires et écotoxicologiques

39- Introduction : Environnement dégradé, danger pour la santé de l'homme et des écosystèmes ?

Yves Perrodin (LEHNA UMR 5023, ENTPE),
Jeanne Garric (MAEP, Cemagref)

40- L'eau du robinet, une richesse à protéger

Yves Levi (LESE UMR 8079, Univ. Paris Sud 11)

41- Des médicaments dans les rivières

Jeanne Garric, Marina Coquery, Cécile Miège
(MAEP, Cemagref)

42- Des eaux, des microbes et des hommes

Stéphanie Petit, Manuelle Neto, Yves Richard,
Benoît Cournoyer (LEM, UMR 5557 UCBL)

43- Rejets hospitaliers et santé des rivières

Clotilde Boillot, Yves Perrodin
(tous deux : LEHNA UMR 5023, ENTPE)

44- Des sentinelles pour nos rivières

Jeanne Garric, Olivier Geffard
(tous deux : MAEP, Cemagref)

45- Les mathématiques au secours de la faune aquatique

Sandrine Charles (LBBE UMR 5558, UCBL),
Arnaud Chaumot (MAEP, Cemagref)

46- PCB, sédiments, poissons : un trio à risque

Marc Babut, Christelle LOPES (MAEP, Cemagref),
Marc Desmet (ISTO UMR 6113, Univ. Tours)

47- Ces molécules qui nous perturbent

Jeanne Garric (MAEP, Cemagref)

48- Cancer et environnement, une liaison dangereuse ?

Thierry Philip (Cancer et Environnement,
Centre Léon-Bérard)

49- Légionelles : des bactéries à haut risque

Philippe Berthelot, Séverine Allegra, Françoise Berger,
Florence Grattard, Bruno Pozzetto, Serge Riffard
(GIMAP EA 3064, UJM)

50- D'où viennent ces poussières que nous respirons ?

Jean-Luc Besombes, Christine Piot, Nicolas Pissot,
Evelyne Combet (LCME EA 1651, Univ. de Savoie),
Jean-Luc Jaffrezo, Didier Voisin, Julie Cozic
(LGGE UMR 5183, UJF/CNRS)

51- Des goudrons dans nos poumons

Anne Maître, Adeline Tarantini (TIMC UMR 5525, UJF)

52- Ambroisie et risque allergique

Marie-Agnès Chapgier-Laboissière (ARS Rhône-Alpes),
Michel Thibaudon (RNSA)

Chapitre E : Biodiversité, écosystèmes et paysages

53- Introduction – Biodiversité, écosystèmes et paysages

Gudrun Bornette (LEHNA UMR 5023, UCBL/CNRS),
Jean-Jacques Brun (EM, Cemagref)

54- Des corridors écologiques pour nos montagnes

Sylvie Vanpeene-Bruhier, Jean-Jacques Brun
(EM, Cemagref)

55- Les plantes alpines ont du répondeur

Fabrice Grassein (LECA UMR 5553, UJF),
Serge Aubert (SAJF UMS 2925, UJF)

56- La grenouille et l'oiseau

Pierre Joly (LEHNA, UMR 5023, UCBL)

57- Les insectes s'organisent

Samuel Venner, Frédéric Menu (LBBE, UMR 5558, UCBL)

58- La biodiversité du sol, un trésor caché

Jean-Jacques Brun (EM, Cemagref)

59- Des feuilles mortes pour nourrir les rivières

Virginie Archaimbault, Bernard Montuelle (MAEP,
Cemagref), Pierre Marmonier, Christophe Piscart
(LEHNA UMR 5023, UCBL)

60- Comment va le Rhône ?

Jean-Michel Olivier (LEHNA UMR 5023, UCBL)

61- Les microorganismes travaillent pour nous

Bernard Montuelle, Stéphane Pesce (MAEP,
Cemagref), Agnès Bouchez, Aurélie Villeneuve
(CARTELM, UMR_A 42, INRA)

62- Les karsts ne filtrent pas l'eau

Yves Perrette (EDYTEM UMR 5204, Univ. de Savoie),
Jérôme Poulénard (CARTELM, UMR_A 42, Université
de Savoie/INRA)

63- Pourquoi des arbres au bord de l'eau ?

Federica Orason, Thierry Tormos, Jean-Gabriel Wasson,
Yves Souchon (MAEP, Cemagref)

64- Des poissons emblèmes de nos grands lacs

Daniel Gerdeaux (CARTELM, UMR_A 42, INRA)

65- Des grands lacs alpins sous influence

Jean-Marcel Dorioz (CARTELM, UMR_A 42, INRA),
Bernard Montuelle (MAEP, Cemagref)

66- Les étangs de la Dombes, une exploitation raisonnée

Dominique Vallod (ERA, ISARA Lyon)

67- Les pesticides ont la bougeotte

Véronique Gouy, Marina Coquery, Bernard Montuelle
(MAEP, Cemagref)

68- Les armes chimiques des renouées invasives

Florence Piola (LEHNA UMR 5023, UCBL)

69- Roselières en péril

André Miquet (Conservatoire du Patrimoine Naturel
de Savoie)

70- On peut aussi restaurer les rivières

Gudrun Bornette (LEHNA UMR 5023, UCBL/CNRS)

Chapitre F : Les effets du changement climatique

71- Introduction – Rhône-Alpes, un réchauffement particulièrement marqué en montagne

Gilles Delaygue (LGGE UMR 5183, UJF)

72- Changement climatique : le vrai, le faux, et l'incertain

Jacques Comby (EVS, UMR 5600, Lyon 3)

73- Retenir les leçons du passé

Denis Cœur (Acthys Diffusion),
Michel Lang (HH, Cemagref)

74- Énergie et changement climatique : un enjeu mondial

Patrick Criqui (LEPIL UMR 5252, UMPF/CNRS)

75- La neige, une victime du climat ?

Pierre Etchevers, Yves Durand, Gérald Giraud
(CEN, Météo-France/CNRS)

76- Les espaces protégés alpins peuvent-ils sauver les migrants climatiques ?

Wilfried Thuiller (LECA, UMR 5553, UJF)

77- Les sports d'hiver s'adaptent au changement climatique

Emmanuelle Marcelpoil (DTM, Cemagref)

78- Changement global et maladies réémergentes

Philippe Sabatier (TIMC UMR 5525, VetAgro Sup)

79- Nos zones humides vont-elles manquer d'eau ?

Pierre Marmonier, Christophe Piscart, Arnaud Dehedin
(LEHNA UMR 5023, UCBL)

80- Le végétal, un ingénieur des cours d'eau

Sara Puijalón, Gudrun Bornette
(LEHNA UMR 5023, UCBL/CNRS)

Chapitre G : Les outils de connaissance de l'environnement

81- Introduction – Du local au global, les échelles de l'environnement

Claudine Schmidt-Lainé (CNRS)

Les moyens d'observation

82- Qu'est-ce qu'un observatoire de l'environnement ?

Didier Richard (ETNA, Cemagref)

83- Pourquoi des zones atelier dans la Région Rhône-Alpes ?

Anne Clémens (ZABR), Philippe Cozic, Bernard Montuelle (MAEP, Cemagref), Sandra Lavorel (LECA UMR 5553, UJF), Pierre Marmonier (LEHNA UMR 5023, UCBL)

84- Observer pour mieux comprendre

Simon Dufour (LETG UMR 6554, Univ. Rennes II), Hervé Piégay, Julien Saulas (EVS UMR 5600, ENS Lyon)

85- Observer pour bien gérer

Olivier Guye (ORS Rhône-Alpes)

86- Des écosystèmes « sous cloche »

Bernard Clément (LEHNA UMR 5023, ENTPE)

Les données environnementales

87- Connaître le tout grâce à des échantillons

Bernard Chocat, Jean-Luc Bertrand Krajewski (LGCIE EA 4126, INSA de Lyon)

88- Les données environnementales sont spatialisées

Paule-Annick Davoine (LIG UMR 5217, Grenoble INP), Christina Aschan-Leygonie (EVS UMR 5600, Univ. Lyon 2)

89- Les bases de données environnementales : un capital à conserver

Florent Breuil, Didier Graillot, Eric Piatyszek (SITE, ENSM.SE)

90- Les données environnementales : un capital à partager

Christian Levêque (IRD), Anne Clémens (ZABR), Laëtitia Bacot (OTHU), Jean-Michel Olivier (LEHNA UMR 5023, UCBL), Guillaume Fantino (EVS UMR 5600, ENS Lyon)

Les modèles en environnement

91- Des modèles pour représenter la complexité

Claudine Schmidt-Lainé (CNRS)

92- Les modèles au secours des données

Eric Blayo, François-Xavier Le Dimet (LJK UMR 5224, INRIA/UJF)

93- Les modèles, outils d'aide à la décision ?

Laurence Creton-Cazanave (Pacte UMR 5194, IGA)

Métrologie, réglementation et normes

94- A la recherche du polluant inconnu

Pierre Toulhoat (CRMN FRE 3008, CNRS)

95- Prendre la mesure des torrents en crue

Frédéric Liébault, Nicolle Mathys (ETNA, Cemagref), Michel Esteves (LTHE UMR 5564, UJF)

96- Accumuler pour mieux détecter

Marina Coquery, Cécile Miège (MAEP, Cemagref)

97- Des témoins de qualité

Bernard Montuelle (MAEP, Cemagref), Jean-Marcel Dorioz (CARRTEL, UMR_A 42, INRA)

98- L'Europe, les normes et nous

Philippe Billet, Delphine Mazabrard, Isabelle Michalet (IDE, Univ. Lyon 3)

99- La DCE au chevet de nos masses d'eau

Jean-Gabriel Wasson, Federica Oraison, André Chandesris, Bertrand Villeneuve, Yves Souchon (MAEP, Cemagref)

Rhône-Alpes et l'environnement

100 questions pour la recherche

Les questions d'environnement sont désormais au centre de toutes les attentions, largement médiatisées, favorisant parfois une approche sensationnaliste et alarmiste.

De nombreux facteurs concourent à faire de la Région Rhône-Alpes un territoire particulièrement actif et concerné par les préoccupations environnementales : la richesse de ses paysages et de ses milieux naturels, sa densité de population et son potentiel en matière de recherche et d'innovation sur ces thématiques.

Cet ouvrage est issu de la mobilisation de nombreux chercheurs désireux de faire partager leur démarche et le fruit de leurs travaux, et s'adresse à tous les citoyens rhônalpins. Conçu sous forme de fiches thématiques, il offre une information accessible et synthétique sur l'environnement dans notre région. Il permet également d'entrevoir la manière dont les scientifiques abordent ces questions.

Claudine Schmidt-Lainé et Bernard Chocat,
responsables scientifiques du Cluster Environnement