

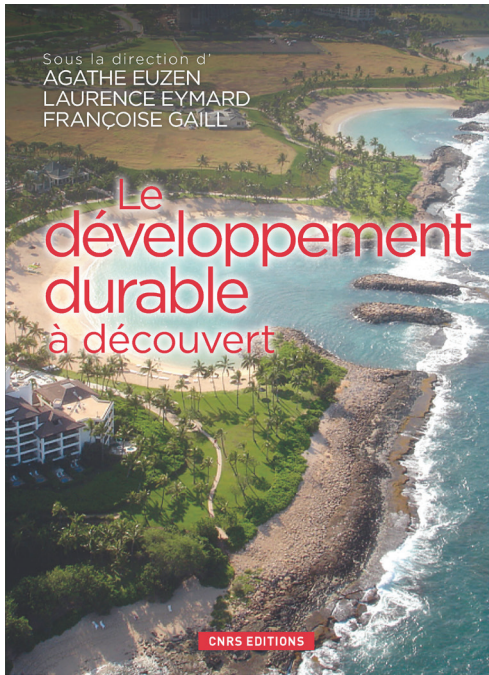
An aerial photograph of a tropical resort. In the foreground, there's a large, multi-story resort building with a swimming pool. To its right is a lush green golf course with several palm trees. Further right, a sandy beach curves along the coastline, meeting the turquoise ocean. The water is clear, and there are some rocky outcrops in the sea. The sky is bright, suggesting a sunny day.

Sous la direction d'
AGATHE EUZEN
LAURENCE EYMARD
FRANÇOISE GAILL

Le développement durable à découvert

CNRS EDITIONS

Extrait de la publication



Vingt ans après la première conférence de Rio, qu'est devenue la proposition de conduire nos sociétés vers un développement durable? Adopté par les uns, utilisé comme faire-valoir par les autres, ce concept de développement durable est souvent vidé de son sens. Or, l'impact exponentiel des activités humaines sur les ressources naturelles, la santé des populations et le milieu exige d'expliquer ce qu'il est précisément.

Qu'est-ce que le développement durable aujourd'hui? Qu'en est-il de la disponibilité des ressources et de l'usage que nous en faisons? Dans le domaine de l'eau, du climat, des sols, de la biodiversité? En milieu rural, sur le littoral ou encore en milieu urbain, là où la majorité de la population va vivre d'ici 2050, comment consommons-nous au fil du temps, à travers les territoires? Quelles incidences les activités humaines ont-elles sur les ressources, sur la santé des populations et sur le milieu lui-même? Les relations entre l'humanité et l'environnement doivent-elles évoluer? Autant de questions posées à des scientifiques qui éclairent la complexité des interactions entre les systèmes et proposent des solutions pour un avenir sur le long terme.

De nos écosystèmes à nos modes de consommation, des risques naturels aux nouvelles technologies ou aux pollutions, des usines du futur au traitement des déchets, *Le développement durable à découvert* informe, explique, partage tout ce que la science actuelle est capable d'apporter au défi majeur du *xxi^e* siècle : comment mieux comprendre la complexité des enjeux qui nous concernent tous et assurer le développement de l'humanité sans détruire son biotope.

Économistes, physiciens, sociologues, agronomes, écologues... plus de 150 chercheurs se sont mobilisés pour associer leur expertise à leur regard critique et décrire, comprendre, modéliser, imaginer, illustrer et schématiser à l'appui, les outils destinés à construire les sociétés équitables de demain.

Un ouvrage de référence pour construire une société équitable et soutenable au *xxi^e* siècle.

Agathe Euzen, anthropologue, Laurence Eymard, physicienne de l'atmosphère, et Françoise Gaill, biologiste, ont co-dirigé cet ouvrage en s'appuyant sur les compétences des communautés scientifiques des différents organismes de recherche.

Le développement durable à découvrir



Sous la direction de
Agathe Euzen
Laurence Eymard
Françoise Gaill

Le développement durable à découvrir

CNRS ÉDITIONS

Extrait de la publication

Suivi éditorial et graphique :
ELSA GODET
www.sciencegraphique.com

©CNRS Éditions, Paris 2013
ISBN : 978-2-271-08052-3

Table des matières

Préface	
<i>Alain Fuchs</i>	15
Avant-propos : le développement durable au CNRS	
<i>Françoise Gaill</i>	16
Introduction générale	
<i>Agathe Euzen, Laurence Eymard et Françoise Gaill</i>	18

- Première partie -

DU DÉVELOPPEMENT DURABLE À UN DEVENIR SOUTENABLE

1. À propos du développement durable...	
<i>Agathe Euzen</i>	23
2. Origine du développement durable	
<i>Dominique Dron</i>	24
3. La dimension politique refoulée du développement durable	
<i>Bruno Villalba</i>	26
4. Le territoire métropolitain à l'heure de la mondialisation	
<i>Cynthia Ghorra-Gobin</i>	28
5. Histoire : entre modification, soumission et appropriation du milieu	
<i>Emmanuel Garnier</i>	30
6. Fin de la croissance démographique	
<i>Hervé Le Bras</i>	32
7. Changement climatique	
<i>Pascale Delecluse</i>	34
8. Climat et énergie : deux enjeux au cœur du développement durable	
<i>Rémy Mosseri et Catherine Jeandel</i>	36
9. Les ressources : le capital naturel évanescent et le défi démographique	
<i>Ioan Negrutiu et Jean-Michel Salles</i>	38
10. Changements globaux	
<i>Pierre-Yves Longaretti</i>	40
11. Environnement et développement animal	
<i>Catherine Jessus</i>	42
12. Interrelations entre le biologique et l'écosystème	
<i>Pierre Capy</i>	44

13. L'écologie, une science pour le développement durable	
<i>Luc Abbadie</i>	46
14. Éthique et philosophie de l'environnement	
<i>Catherine Larrère</i>	48
15. Développement viable, durable ou du rabe ?	
<i>Jacques Weber</i>	50

- Deuxième partie -

L'ENVIRONNEMENT, UN SYSTÈME GLOBAL DYNAMIQUE

1. Vulnérabilité d'un système global dynamique	
<i>Hervé Le Treut</i>	55
2. Échelles de temps du développement durable	
<i>Anne-Marie Guihard-Costa</i>	56
3. Hier pour éclairer demain : les rétro-observatoires	
<i>Michel Magny, Laurent Millet, Victor Frossard et Valérie Verneaux</i>	58
4. Climat, écosystèmes : instabilités rapides et irréversibilité	
<i>Valérie Masson Delmotte et Paul Leadley</i>	60
5. Rétroactions et climat	
<i>Hervé Douville</i>	62
6. Le cycle de l'eau	
<i>Ghislain de Marsily</i>	64
7. L'atmosphère comme chef d'orchestre	
<i>Philippe Dandin et Yves Tourre</i>	66
8. La chimie atmosphérique : des atomes aux impacts globaux	
<i>Christian George, Abdelwahid Mellouki et Éric Villenave</i>	68
9. L'océan, acteur du système Terre global	
<i>Marina Lévy et Laurent Bopp</i>	70
10. Élévation du niveau de la mer	
<i>Guy Wöppelmann et Xavier Bertin</i>	72
11. Réchauffement et acidification des eaux	
<i>Serge Planes</i>	74
12. Variation du trait de côte	
<i>Yannick Lageat</i>	76
13. Les sols : éléments d'un cycle dynamique	
<i>Yves Brunet et Marc Voltz</i>	78
14. Sols vivants et cycles biogéochimiques	
<i>Jean-Christophe Lata et Aurore Kaisermann</i>	80

15. Les sols, entre nature et activités humaines	
<i>Simon Pomel</i>	82
16. Déforestation et impacts globaux	
<i>Thierry Tatoni et Tatongueba Soussou</i>	84
17. Le développement durable et les zones humides : une équation difficile	
<i>Gudrun Bornette</i>	86
18. L'eau douce, un milieu vivant façonné par les activités humaines	
<i>Didier Pont</i>	88
19. Modélisation et expérimentation pour la biodiversité	
<i>Michel Loreau</i>	90
20. Suivre l'évolution de la biodiversité polaire : un défi scientifique et technique	
<i>Céline Le Bohec et Yvon Le Maho</i>	92
21. Biodiversité marine en Méditerranée	
<i>Thierry Pérez et Pierre Chevaldonné</i>	94
22. Zones côtières et développement durable : une équation à résoudre	
<i>Jean-Pierre Féral et Romain David</i>	96
23. Entre protection et élimination : que deviennent les petites curiosités de la nature ?	
<i>Alain Pavé</i>	98
24. Biodiversité et sociétés	
<i>Denis Couvet</i>	100

- Troisième partie -

TERRITOIRES ET NOUVEAUX BIOMES

1. Politiques territoriales et développement durable	
<i>Corinne Larrue</i>	105
2. La ville, un nouveau biome	
<i>Christiane Weber</i>	106
3. Formes urbaines	
<i>Xavier Desjardins</i>	108
4. Urbanisme durable : construire intelligent et pour qui ?	
<i>Jean-Yves Toussaint et Sophie Vareilles</i>	110
5. De l'écoquartier à la ville intelligente	
<i>Taoufik Souami</i>	112
6. Écologies urbaines	
<i>Olivier Coutard, Jean-Pierre Lévy, Sabine Barles et Nathalie Blanc</i>	114
7. Mobilité urbaine	
<i>Marie-Hélène Massot</i>	116

8. Métabolismes urbains	
<i>Sabine Barles</i>	118
9. Ambiances urbaines, écologie sensible	
<i>Jean-Paul Thibaud</i>	120
10. La nature en ville	
<i>Nathalie Blanc et Philippe Clergeau</i>	122
11. La croissance extra-urbaine	
<i>Jean Viard</i>	124
12. Un paysage rural façonné	
<i>Françoise Burel et Jacques Baudry</i>	126
13. De nouvelles ruralités	
<i>Jean-Luc Mayaud</i>	128
14. Conflits autour des ressources naturelles en territoire rural	
<i>Vincent Bretagnolle</i>	130
15. L'accès aux terres fertiles : un enjeu pour l'alimentation mondiale	
<i>Bertrand Schmitt</i>	132
16. Le littoral : un nouveau biome ?	
<i>Marc Troussellier et Nicolas Arnaud</i>	134
17. Pression anthropique sur le littoral	
<i>Nacima Baron</i>	136
18. Gestion intégrée des zones côtières	
<i>Virginie Duvat</i>	138

- Quatrième partie -

LES SOCIÉTÉS

1. Neuf milliards d'êtres humains sur une planète	
<i>Sandrine Paillard et Sébastien Treyer</i>	143
2. Accès aux services essentiels	
<i>Agathe Euzen</i>	144
3. Partage des ressources	
<i>Alice Ingold</i>	146
4. La pêche dans les océans est-elle durable ?	
<i>Philippe Cury</i>	148
5. Élevage : comment prendre en compte les trois piliers de la durabilité ?	
<i>Michèle Tixier-Boichard et Jean-Baptiste Coulon</i>	150
6. OGM et agriculture	
<i>Yves Dessaux</i>	152

7. L'agriculture durable	
<i>Marc Dufumier</i>	154
8. Maladies infectieuses	
<i>François Renaud et Frédéric Thomas</i>	156
9. Écologie de la santé	
<i>Gilles Boëtsch</i>	158
10. Du bon usage de l'environnement pour la santé	
<i>Yves Levi</i>	160
11. Modes de vie liés à la mondialisation	
<i>Michelle Dobré</i>	162
12. Consommations alimentaires liées à la mondialisation	
<i>Marie Russel et Catherine Esnouf</i>	164
13. La baisse des consommations d'eau domestique	
<i>Bernard Barraqué et Laure Isnard</i>	166
14. Vers de nouveaux réseaux : l'impasse écologique et sociale du « tout technique »	
<i>Éric Letonturier</i>	168
15. Les terres rares, entre pénurie organisée et enjeux environnementaux paradoxaux	
<i>Claude Weisbuch</i>	170
16. La transition énergétique	
<i>Sébastien Velut</i>	172
17. L'empreinte écologique, vers un nouveau paradigme pour l'évaluation de la durabilité ?	
<i>Natacha Gondran</i>	174
18. Empreinte environnementale des énergies renouvelables	
<i>Isabelle Blanc et Catherine Guermont</i>	176
19. Limites technologiques de l'économie circulaire	
<i>Michel Royer</i>	178
20. Donner un prix à l'environnement ?	
<i>Jean-Charles Hourcade</i>	180
21. Intégrer le vivant et l'économique, un défi fondamental	
<i>Ingela Alger et François Salanié</i>	182
22. Quelle « économie verte » ?	
<i>Patricia Crifo</i>	184
23. Aléas, développement et assurances agricoles	
<i>Bertrand Muller et Antoine Leblois</i>	186
24. Le développement durable, source d'emplois ?	
<i>Philippe Quirion</i>	188
25. Savoirs locaux et co-production des connaissances	
<i>Marie Roué</i>	190

26. Conflits d'usages et solidarités écologiques : vers l'intendance environnementale des territoires <i>Raphaël Mathevet, Jacques Lepart et Bérengère Merlot</i>	192
27. Concertation et environnement <i>Denis Salles</i>	194
28. Les limites de la notion d'acceptabilité <i>Philippe Chemineau</i>	196
29. Genre et environnement <i>Sandra Laugier</i>	198
30. Gouvernance de l'environnement <i>Cyria Emelianoff</i>	200
31. La mer : une gouvernance à repenser ? <i>Julien Rochette</i>	202
32. L'Union européenne, le droit de l'environnement et le développement durable <i>Nathalie Hervé-Fournereau</i>	204
33. Migration écologique <i>Chloé Anne Vlassopoulos</i>	206
34. La question des générations futures <i>Émilie Gaillard</i>	208

- Cinquième partie -

INCIDENCES DES ACTIVITÉS HUMAINES SUR
LES MILIEUX

1. Des sociétés humaines et des milieux <i>Paul Arnould</i>	213
2. Vers la fin des risques intrinsèques ? <i>Claude Gilbert</i>	214
3. Inondations : éradiquer le danger ou vivre avec ? <i>Magali Reghezza-Zitt</i>	216
4. Sécheresse et canicule : incidence et prise en compte <i>Benjamin Sultan et Yamna Djellouli</i>	218
5. Des pollutions peu visibles... <i>Christian Ngô</i>	220
6. Qualité de l'air et santé <i>Isabella Annesi-Maesano</i>	222
7. L'évaluation du risque écologique : l'écotoxicologie face à ses défis <i>Jeanne Garric</i>	224
8. La pollution acoustique marine : enjeux et solutions dans un contexte global <i>Michel André</i>	226

9. Croissance des déchets dans les océans et conséquences : du macro au nano	
<i>François Galgani</i>	228
10. Société de consommation et production de déchets	
<i>Cyrille Harpet</i>	230
11. Pollutions et risques industriels	
<i>Thomas Le Roux</i>	232
12. Les nanoparticules	
<i>Corinne Chanéac et Clément Sanchez</i>	234
13. Gaz de schiste : pas seulement une question d'énergie	
<i>Bruno Goffé</i>	236
14. Pollutions et transferts à travers les sols	
<i>Olivier Atteia</i>	238
15. Vers une exploitation durable des ressources du sous-sol	
<i>Michel Cathelineau</i>	240
16. Pollution des milieux aquatiques	
<i>Yves Perrodin</i>	242
17. Pollutions agricoles	
<i>Marc Benoît</i>	244
18. Sols pollués et droits	
<i>Frédéric Ogé</i>	246
19. Limites des ressources nécessaires au développement des nouvelles technologies	
<i>Bruno Goffé et Olivier Vidal</i>	248
20. Le stockage souterrain, quelle durabilité ?	
<i>Jacques Pironon</i>	250
21. L'éolien, une énergie renouvelable épuisable ?	
<i>Alain Nadaï et Olivier Labussière</i>	252
22. Géoingénierie climatique dans l'océan : quelles incidences ?	
<i>Stéphane Blain</i>	254
23. Géoingénierie de l'atmosphère : l'apprenti sorcier du climat ?	
<i>Jean-Pierre Chalon</i>	256
24. Rétablissement du sauvage dans un monde artificialisé	
<i>Audrey Marco</i>	258
25. Les limites foncières	
<i>Joseph Comby</i>	260
26. La reconquête des zones humides	
<i>Geneviève Barnaud</i>	262
27. Techniques de dépollution	
<i>Claude Grison et Clémence Bès</i>	264

28. Adaptation des espèces	
<i>Jean-Christophe Auffray, Isabelle Olivieri et Ophélie Ronce</i>	266
29. Adaptation au changement climatique	
<i>Chantal Pacteau et Sylvie Joussaume</i>	268

- Sixième partie -

NOUVELLES APPROCHES DANS LA RECHERCHE

1. Introduction : vers une société innovante et créatrice	
<i>Agathe Euzen, Laurence Eymard et Françoise Gaill</i>	273
2. Mono, pluri, interdisciplinarité	
<i>Stéphanie Thiébault</i>	274
3. Une nouvelle approche pour les sciences : la participation des citoyens	
<i>Gilles Boeuf</i>	276
4. Le rôle des observatoires	
<i>Laurence Eymard</i>	278
5. Comment sauvegarder de manière continue les données ?	
<i>Cristinel Diaconu</i>	280
6. Exploitation des bases de données pour évaluer les impacts du changement climatique	
<i>Pascal Yiou</i>	282
7. Modélisation globale	
<i>Wolfgang Cramer et Alberte Bondeau</i>	284
8. Ingénierie écologique : un outil pour le développement durable	
<i>Thierry Dutoit</i>	286
9. Les enjeux de la quantification des services écosystémiques	
<i>Sandra Lavorel</i>	288
10. Cultiver la biodiversité	
<i>Étienne Hainzelin</i>	290
11. Changement de paradigme en chimie	
<i>Hervé Toulhoat et Sophie Jullian</i>	292
12. La chimie verte	
<i>Estelle Métay, Nicolas Duguet, Éric Da Silva et Marc Lemaire</i>	294
13. Des puits de carbone à la bio-économie	
<i>Paul Colonna et Hélène Lucas</i>	296
14. Les piles à combustible et les batteries : des technologies « vertes » pour l'énergie ?	
<i>Michel Cassir</i>	298
15. Énergies de demain : les enjeux pour la recherche	
<i>Pierre Papon</i>	300

16. Mix énergétiques locaux et recherche d'autonomie	
<i>Patrice Geoffron</i>	302
17. Informatique et développement durable	
<i>Françoise Berthoud et Dominique Boutigny</i>	304
18. L'usine du futur : vers un génie des procédés durables	
<i>Michel Sardin</i>	306
19. L'eau du futur : quels usages pour un partage équitable ?	
<i>Ghislain de Marsily</i>	308
20. Les transports du futur	
<i>Frédérique Battin-Leclerc</i>	310
21. Des techniques innovantes au service d'un développement durable	
<i>Yves Rémond</i>	312
22. Analyse du cycle de vie et écoconception	
<i>Guido Sonnemann et Philippe Garrigues</i>	314
23. La durabilité domestiquée : les pratiques « <i>do-it-yourself</i> »	
<i>Morgan Meyer</i>	316
24. Qu'est-ce qu'une croissance durable ?	
<i>Laurence Tubiana</i>	318
25. Nouvelles modélisations économiques	
<i>Ivar Ekeland</i>	320
26. Société civile mondiale et gouvernance internationale du développement durable	
<i>Jean Foyer</i>	322
27. La recherche sur le développement durable et les politiques publiques	
<i>Éric Vindimian</i>	324
28. Former en sciences de l'environnement	
<i>Marc Lucotte</i>	326
29. Art, création et développement durable	
<i>Nathalie Blanc</i>	328

- Septième partie -

COMPLÉMENTS

Glossaire.....	333
Contributeurs.....	350
Laboratoires et instituts.....	359

Préface

Alain Fuchs

Durable ? Soutenable ? Sur le long terme ? Le développement durable est aujourd'hui un enjeu qui préoccupe la société, mais aussi les scientifiques, et cela depuis de nombreuses années. Il concerne toutes les disciplines qui, chacune et ensemble, apportent les éléments pour observer, comprendre, modéliser et mieux anticiper l'avenir que réserve le changement global. C'est donc avec enthousiasme que j'ai soutenu ce projet, qui est l'expression de l'une des missions de l'organisme de recherche, qu'est le CNRS.

Agathe Euzen, Laurence Eymard et Françoise Gaill ont su mobiliser plus de 190 scientifiques pour mettre en lumière, tout au long des 150 articles, la complexité du système dans lequel nous vivons, la diversité des interactions entre les cycles de l'environnement, les spécificités des territoires et des activités humaines. En précisant et en réinterprétant le large spectre couvert par le concept de « développement durable », ses cycles, ses interactions et ses dynamiques, allant de l'environnement jusqu'aux questions économiques et sociales, cet ouvrage de référence propose à tous les acteurs de la société les moyens de mieux comprendre et de mesurer les enjeux multiples qui accompagnent la notion de développement durable, et qui nous concernent tous.

Ce livre réunit les meilleurs scientifiques, issus de disciplines multiples et d'un haut niveau d'expertise. Ils montrent la richesse de la communauté scientifique française dans ce domaine, dont les résultats méritent d'être connus. Dans cet exercice de vulgarisation, les chercheurs soulèvent non seulement des questions à travers des constats, mais ils proposent aussi des solutions innovantes qui inspireront, n'en doutons pas, les décideurs politiques pour construire un avenir soutenable, viable et équitable pour les sociétés actuelles et les générations futures.

Avant-propos : le développement durable au CNRS

Françoise Gaill

Les dénominations institutionnelles sont l'expression des enjeux sous-jacents à leur attribution. En mai 2005, le Conseil d'administration du Centre national de la recherche scientifique approuvait la nouvelle architecture de l'organisme. Celle-ci comportait la création de six départements scientifiques, dont deux transverses, celui d'Ingénierie et celui intitulé « Environnement et Développement Durable », alors que les autres départements étaient regroupés autour des principales disciplines. L'Agence nationale de la recherche créait également cette année-là, un comité sectoriel « Écosystèmes et Développement Durable », ayant le même acronyme « EDD ». La mise en place de ces deux ensembles partageait la volonté de développer des approches de recherche innovantes, intégrées, ou transdisciplinaires, contribuant à un développement soutenable.

Les autres départements du CNRS étaient ceux des Sciences du vivant, de la Chimie, des Hommes et sociétés, et un dernier département regroupant dans un seul ensemble Mathématiques, Informatique, Physique, Planète et Univers dénommé MIPPU. Les deux instituts nationaux de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) et celui de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3), étaient alors rattachés à ce dernier départe-

ment. Cette organisation, mise en place par Bernard Larrourou et Gérard Mégie, fut remise en cause par Arnold Migus et Catherine Brechignac, lorsqu'ils arrivèrent à la tête du CNRS l'année suivante. Le nombre de départements passa alors de 6 à 10, incluant les deux départements transverses dont EDD.

L'environnement et le développement durable

Le CNRS affichait, ainsi, ses priorités environnementales, dès 2005, et il les amplifia par la suite. La Ministre de l'écologie et du développement durable de l'époque, Nelly Olin, signait en 2006 une Convention-cadre dans le domaine de l'écologie et du développement durable avec l'organisme, afin de promouvoir et de développer la recherche en environnement.

Ces actions, destinées à répondre aux besoins de la société générés par les changements globaux, concernaient principalement dix domaines. Tout d'abord celui de la biodiversité sous tous ses aspects : connaissance, protection et valorisation, complétées par l'évaluation économique des écosystèmes et de la biodiversité. Celui ensuite des changements globaux – climat et utilisation des terres – et de

leurs effets sur le fonctionnement et sur l'évolution des écosystèmes et des sociétés humaines. Étaient également concernés les thèmes des risques naturels et anthropiques, de l'observation de la Terre, des pollutions des milieux et de leurs conséquences, ainsi que les domaines de l'eau, et plus généralement, des ressources naturelles.

Cette convention portait également sur trois autres aspects : le renforcement de l'expertise individuelle dans le cadre des négociations internationales, la conception et la mise en place d'un dispositif d'expertise collective avec d'autres partenaires du secteur public, et enfin, le renforcement de la dimension économique et socio-culturelle du développement durable.

REACH une expertise collective

La notion d'expertise collective était nouvelle pour le CNRS, alors que l'INSERM l'initia en 1994 et l'INRA en 2002. Ce dispositif permettait d'apporter un éclairage scientifique sur un sujet donné à partir de l'analyse critique et de la synthèse de la littérature scientifique internationale. Réalisée à la demande d'institutions souhaitant disposer des données récentes issues de la recherche, utiles à leurs

processus décisionnels en matière de politique publique, l'expertise devait être considérée comme une étape initiale nécessaire pour aboutir, à terme, aux prises de décision.

Un an plus tard, en 2007, le CNRS mettait en place une expertise collective sur les enjeux de REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances*), à la demande du Ministère en charge de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) et du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (MINEFI). La Commission européenne venait d'adopter le règlement REACH visant à contrôler les produits chimiques et leurs effets sur la santé et l'environnement. L'objectif de l'expertise collective intitulée « Substances chimiques : quels enjeux scientifiques dans le contexte de REACH ? » était d'établir un état des lieux et de dégager des perspectives d'évolution pour une chimie durable. Il s'agissait plus précisément d'apporter un éclairage pluridisciplinaire sur les outils disponibles permettant d'évaluer le niveau de protection de la santé humaine et de la dynamique des écosystèmes ; de caractériser les évolutions prévisibles du développement de nouveaux types de produits et des risques qui y sont liés ; d'identifier les outils nécessaires pour faire face à ces risques ; et enfin de dessiner les bases d'une chimie performante, source de produits plus utiles et de bénéfices sociétaux et économiques accrus.

D'autres actions furent initiées par le CNRS grâce à la dynamique du domaine EDD, comme une coopération avec l'Université numérique thématique « Environnement et développement durable » (UVED) ou avec l'ADEME et d'autres partenaires comme le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) « Climat-Environnement-Société » ; et plusieurs expertises collectives furent ainsi initiées en

collaboration avec d'autres organismes de recherche par la suite.

Les sciences de l'environnement

Les départements furent ensuite remplacés par les instituts. La création de ces derniers eut lieu officiellement en octobre 2009, après une année de discussion dans les différentes instances CNRS. La plupart des départements initiaux conservèrent leur dénomination, excepté EDD, qui devint l'Institut écologie et environnement (INEE). Ce fut un acte fort, car le terme même d'« écologie » dans un intitulé d'institut impliquait une reconnaissance explicite d'un nouveau domaine scientifique. L'écologie, perçue d'abord comme mouvement politique, se hissa au rang des disciplines revendiquées par l'organisme. L'association du terme avec celui d'environnement indiquait également la proximité d'une discipline, avec ce qui était un vaste ensemble aux contours encore flous.

Ce titre illustrait le chemin qui restait à parcourir pour favoriser l'émergence des sciences de l'environnement, en tant que champ scientifique intégré. Le développement durable devenait alors un horizon, et c'est par la dynamique des interactions engendrées par la proximité et la diversité des interrogations qu'a pu émerger une communauté d'intérêts de recherche interdisciplinaire autour de l'écologie globale et des enjeux actuels. À l'heure où le paysage de la recherche française est en pleine mutation, le CNRS a entamé une réflexion sur les défis que les sciences de l'environnement auront à relever les prochaines années. La maîtrise de la complexité des interactions,



Le logo écologie et environnement des cahiers prospectives CNRS.

L'écologie est une science jeune qui concerne la compréhension de l'histoire, du fonctionnement et de l'évolution de la biosphère. En devenant globale, elle tend à prendre en compte l'activité des sociétés humaines et leurs dynamiques. Cette écologie se veut le fer de lance de l'innovation dans les sciences de l'environnement en étant intégrative, opérationnelle et prédictive. Les prospectives de l'INEE, qui se sont tenues en Avignon en octobre 2012, marquent les fondements, avancées et dynamiques à mettre en place pour toutes les questions liées à l'écologie et l'environnement dans les années à venir. © R. Maurel. ■

entre sociétés humaines et systèmes écologiques, pour accroître le rôle du monde de la recherche dans la réflexion autour du développement durable fait partie de ces défis.

Introduction générale

Agathe Euzen, Laurence Eymard et Françoise Gaill

La science au cœur du développement durable

Vingt ans après la première conférence de Rio en 1992, qu'est devenue la proposition de conduire nos sociétés vers un développement durable ? Ce concept, à présent connu de tous, approprié par les uns et utilisé comme faire-valoir par les autres, est vidé de son sens ou réinterprété selon les intérêts de chacun et du moment. Il s'agit, dans cet ouvrage, de revisiter ce concept au regard du monde d'aujourd'hui et des nouveaux enjeux qui conditionnent le développement des sociétés. Les travaux des scientifiques mettent en évidence la complexité des problématiques associées au développement durable. Si les chercheurs le critiquent parfois, ils mobilisent leurs compétences, issues de disciplines variées, pour placer les systèmes dynamiques au cœur de leur démarche scientifique.

Dans le cadre de la « conférence environnementale », instituée chaque année en France, et dans la continuité de Rio+20, l'Institut Écologie et Environnement (INEE) a proposé au Président du CNRS, Alain Fuchs, de réaliser un livre sur la recherche et le développement durable, à la suite des ouvrages « *Le climat à découvert* » et « *L'énergie à découvert* », coédités par Catherine Jeandel et Rémy Mosseri, et publiés en 2011 et 2013 par CNRS Éditions.

Compte tenu de l'importance des enjeux liés au changement global et de la nécessité de leur prise en considération par les politiques, le développement durable demande à être repensé avec des regards critiques et pluridisciplinaires, à la lumière des compétences et des approches innovantes des chercheurs. L'enjeu est de comprendre la complexité des enjeux, en s'appuyant sur les scientifiques, pour décrire, comprendre, analyser, modéliser, prévoir et développer des stratégies pour assurer un avenir sur le long terme.

Notre ambition, dans cet ouvrage, est de davantage mettre en lumière les apports de la science et de son rôle dans la construction de la société de demain. Il doit être considéré comme une contribution à cette volonté d'engager la France vers un nouveau modèle de développement durable (soutenable sur le long terme), tant à l'échelle nationale qu'internationale.

Écrire et raconter une histoire

L'ouvrage commence par dessiner l'origine et les contours du concept de « développement durable » ; il présente les principaux enjeux avec lesquels les sociétés doivent composer pour se développer, qu'il s'agisse du chan-

gement global, des relations entre les humains et l'environnement ou encore du processus de mondialisation. L'idée même de « développement durable » est discutée et critiquée, pour elle-même et pour ce qu'elle véhicule. La deuxième partie présente les différents éléments de l'environnement, que sont les ressources, l'eau douce, l'air, les sols et sous-sols, les océans et la biodiversité. Ils ont, en effet, leur fonctionnement propre et sont situés au cœur d'un système global dynamique, où s'articulent, se forment et se transforment les éléments au rythme des cycles et des flux, à des échelles de temps et d'espace interconnectés. Puis, c'est aux territoires – urbain, rural, littoral – alors considérés comme des biomes* singuliers en devenir, et à ce qui les caractérise, que le troisième chapitre est consacré. Il s'agit ensuite, dans le chapitre quatre, de s'intéresser aux sociétés humaines et à leurs évolutions sur des territoires et dans des contextes environnementaux spécifiques. Accéder aux services, aux ressources est essentiel pour se nourrir, mais aussi pour préserver la santé. Les différents modes de consommer, entre tradition et modernité, viennent interpeller les approches économiques, l'organisation des sociétés et leur capacité à s'adapter et à s'engager. C'est au cœur d'un milieu que les sociétés évoluent. En s'interrogeant sur les incidences des activités humaines sur les milieux, le chapitre cinq aborde la question des risques naturels et anthropiques*,

confiné, télescope ou accélérateur de particules. De plus, la participation citoyenne est vitale pour maintenir une pression constante sur l'urgence de réagir et sur la nécessité d'établir en commun l'état de la situation ainsi qu'une responsabilisation collective. Dans un monde fortement lié à la « Science », comment rendre justice à des approches cognitives liées à une approche en « plein air », et comment adopter une posture qui jette les bases d'une coexistence entre amateurisme et professionnalisme ?

Du fait qu'il n'est ni totalement ignorant (la plupart du temps, loin de là !), ni totalement professionnel, l'« amateur » trouble l'image de la science « normale » organisée et reproductible. Cette dimension mériterait d'ailleurs d'être davantage étudiée, par des sociologues, par exemple.

Si les techniques de relevés des observations n'ont guère évolué sur le terrain, la banalisation des outils modernes de communication, dont Internet, a profondément modifié les possibilités de diffusion des données et leur mise à disposition pour tous (cf. VI.17). Devant cette facilité technique, avec des outils informatiques plus conviviaux, une certaine rigueur méthodologique s'avère nécessaire pour tous les acteurs, dont les « amateurs ». Il est en effet essentiel de respecter des protocoles d'observation et de récolte des données, tant dans les objets observés que dans la manière de les traiter, afin de pouvoir les exploiter et d'en tirer des conclusions les plus pertinentes et étayées. Par exemple, la reprise aujourd'hui des inventaires d'hier et le traitement des données actuelles ont ainsi permis de proposer de nouvelles hypothèses sur la dynamique des populations, chez les arbres par exemple.

Vers une éducation du citoyen scientifique

La « participation » au sens large permet aux scientifiques d'accéder à des données non démonstratives, car pas suffisamment denses et nombreuses, sans une couverture très étoffée des territoires ou des saisons (« ils » sont partout et tout le temps !). Cette sensibilisation du public amène également les observateurs à changer leur regard sur la nature et sur la biodiversité et donc, à contribuer collectivement à une bien meilleure prise en charge de la gestion raisonnée et soutenable des écosystèmes. De telles démarches doivent prendre racine et être relayées par l'éducation scolaire, et ce, dès le plus jeune âge, avec un intérêt fortement accru pour les sciences du vivant et de l'environnement. Aujourd'hui, le développement des sciences participatives est un fait de société et le combat permanent pour sauver la biodiversité en est imprégné. Aux niveaux des collectivités, des organisations institutionnelles et des services du ministère en charge de la protection de la nature, ces sciences participatives sont présentes et doivent très sérieusement être prises en considération. Lors du premier Congrès commun des Réserves naturelles de France et des Conservatoires d'Espaces naturels, à Aix-les-Bains en avril 2011, leur importance a encore été sou-

lignée. Daniel Mathieu (du réseau *Tela Botanica*) en 2010 proposait même de passer du « scientifique citoyen » au « citoyen scientifique » ! L'« amateur » impliqué est un « citoyen ordinaire », doté de compétences particulières, qu'il met au service d'une cause publique, hors cadre professionnel. Le programme Vigie-Nature lancé par le Muséum national d'Histoire naturelle est l'outil le plus abouti en France aujourd'hui. Dans plusieurs domaines – sur les oiseaux, les papillons, les chauves-souris, les poissons marins littoraux, les escargots, les plantes sauvages des villes, les pollinisateurs*..., qu'il s'agisse d'observations des premières dates de récoltes ou dans l'année en cours – 15 000 « participatifs » nous accompagnent en permanence (cf. II.24).

Les données collectées se révèlent de plus en plus pertinentes et utiles et amènent aujourd'hui à la publication d'articles fondateurs déterminants pour une meilleure prise en compte des grands changements présents. À ce sujet, un article publié en janvier 2012 dans *Nature Climate Change* par Devictor *et al.* est emblématique. En 18 ans, 10 000 « amateurs » ont permis de recueillir 1,5 million d'heures d'observation sur les migrations liées à la « traque climatique » des oiseaux et des papillons ! Les découvertes de demain sont prometteuses.

Références bibliographiques

- G. BOEUF, Y. M. ALLAIN et M. BOUVIER – *L'apport des sciences participatives à la connaissance de la biodiversité*, La Lettre de l'OCIM, 144, 2012.
- F. CHARVOLIN – *Comment penser les sciences naturalistes « à amateurs » à partir des passions cognitives ?* Natures, Sciences, Sociétés, 2009.
- V. DEVICTOR *et al.* – *Differences in the Climatic Debt of Birds and Butterflies at a Continental Scale*, Nature Climate Change, 2012.
- D. MATHIEU – *Réseaux collaboratifs et sciences participatives*, Conférence de Tela Botanica, 2010.

4. Le rôle des observatoires

Laurence Eymard

Qu'est-ce qu'un observatoire ?

Observer, pour comprendre et prévoir, est une des bases de la science dans tous les domaines. Les observatoires astronomiques ont longtemps été les seules structures organisées pour rassembler et archiver des données d'observation. Leur développement, du XV^e au XVII^e siècle, s'est accompagné de progrès techniques majeurs pour améliorer la qualité des mesures, et de la constitution d'une communauté scientifique qui partageait les données. Cette approche de mesures partagées s'est élargie, au XIX^e siècle, à l'observation de l'atmosphère et de l'océan puis à celle de la Terre interne. Les musées d'histoire naturelle, fondés au XVIII^e siècle abritent des collections de flore, de faune, de minéraux et de fossiles, qui ont joué un rôle comparable pour les sciences de la « Nature ».

Les observatoires historiques ont été organisés par un décret de 1985. Portant depuis cette date le nom d'« Observatoire des Sciences de l'Univers » (OSU), ces structures jouent maintenant un rôle de coordination régionale de la recherche dans des thématiques allant de l'astronomie aux sciences de la planète et de l'environnement. Rattachées à une université, elles participent à la formation. Leurs missions « d'observation » se sont élargies, pour intégrer des modèles numériques communautaires, des

grands équipements d'analyse, ou encore des sites instrumentés (littoral, bassin-versant*...).

L'observation est un enjeu...

Les recherches sur la dynamique de la Terre, sur le changement climatique, et plus récemment sur la biodiversité et les écosystèmes, sont devenues depuis les années 1980 des domaines de coopération internationale. De grands programmes internationaux, tels que le PRMC (Programme de Recherche Mondial sur le Climat) ont porté le message des scientifiques : pour comprendre les mécanismes du système Terre dans son ensemble, il faut disposer d'un suivi de ses variations sur tout le globe et dans la durée. L'explosion des observations par satellite et les progrès de l'informatique ont permis de développer en quelques années des programmes d'observation ambitieux de la planète Terre (cf. VI.17).

L'Union européenne s'est progressivement intéressée à ces missions d'observation associant des mesures effectuées *in situ* et depuis l'espace, d'une part avec la mise en place des ESFRI (*European Strategy Forum on Research Infrastructures*) et avec le programme GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), maintenant appelé « Copernicus ». Contrairement aux ESFRI, les ser-

vices Copernicus ne sont pas dédiés à la recherche seule, mais incluent des « services » aux usagers, ayant une vocation de pérennité : par exemple, le projet *MyOcean*, coordonné par la France, qui préfigure un service européen d'océanographie opérationnelle. En France, le soutien gouvernemental à l'observation du milieu s'est traduit par la labellisation ORE (Observatoire de Recherche dans l'Environnement) au début des années 2000, puis par la création des SOERE (Systèmes d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement) pour soutenir la mise en réseau des dispositifs. L'observation de l'environnement et du climat est ainsi devenue un enjeu politique et stratégique, dans le cadre des négociations internationales sous l'égide de l'ONU, qu'il s'agisse des sommets de la Terre depuis Rio92, ou des conférences internationales sur le climat.

... et un défi scientifique

Ce développement récent et massif des observations implique, en aval, une réflexion approfondie sur l'archivage, l'accessibilité, les méthodes d'analyse et l'exploitation des quantités énormes de données. En trois décennies, la collecte et l'archivage local ont laissé la place à des bases de données « interopérables » accessibles *via* des sites Internet dans le monde entier. Des