

Critère 2

MAINTIEN DE LA SANTÉ ET DE LA VITALITÉ DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

Indicateur 2.1

Dépôts de polluants atmosphériques dans les forêts et autres terres boisées classés par éléments : azote (N), soufre (S) et cations basiques

La présence de polluants dans l'atmosphère est l'un des éléments participant aux dépérissements forestiers. Le dioxyde de soufre (SO₂) est un agent d'acidification (acide sulfurique). Les oxydes d'azote (NO_x) constituent un apport d'azote aux écosystèmes, participent à l'acidification (acide nitrique) et sont à l'origine d'ozone (O₃), par le biais d'une réaction qui met en jeu les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). L'ammoniac (NH₃) contribue aux apports atmosphériques azotés et à l'acidification des sols.

en soufre et à l'équipement croissant de véhicules en pots catalytiques, elle est inégale selon les polluants. En effet, l'émission d'ammoniac (NH₃) diminue peu ; à 98 % d'origine agricole en 2008, ses fluctuations sont dues principalement à l'évolution du cheptel (76 %) et à l'utilisation de fertilisants de synthèse (21 %).

Les dépôts de polluants atmosphériques dans les forêts sont évidemment étroitement dépendants des émissions. Si leur évolution sur les trois dernières décennies est encourageante (cf. tableau ci-dessous), grâce à la fermeture des centrales thermiques, à la désulfuration des émissions industrielles, à l'utilisation de combustibles à faible teneur

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009 estimé	Évolution 1980-2008 ¹
	<i>Volume (1000 t)</i>									
SO ₂	3 157	1 491	1 335	976	621	471	415	358	324	-89
NO _x	2 009	1 794	1 922	1 775	1 642	1 489	1 362	1 272	1 215	-37
NH ₃	793	790	791	773	797	746	740	754	746	-5
COVNM			2 726	2 320	1 865	1 386	1 179	1 086	1 002	-60
	<i>en acide équivalent (Aeq)</i>									
acidification et eutrophisation (SO ₂ , NO _x et NH ₃)	189	132	130	115	102	91	86	83	80	-56

(1) 1990-2008 pour les COVNM.

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2010.

L'indicateur « acide équivalent » vise à caractériser la quantité globale de substances rejetées dans l'atmosphère qui contribuent, à des échelles géographiques et temporelles variables, aux phénomènes d'acidification et d'eutrophisation des milieux terrestres, aqueux et aériens. Son niveau a baissé de plus de 50 % depuis 1980 grâce à la forte réduction des émissions de SO₂. L'ammoniac représente aujourd'hui 53 % de la contribution à cet indicateur contre 25 % en 1980.

■ Estimation des dépôts atmosphériques sous couvert forestier dans les stations du sous-réseau CATAENAT - Moyennes de la période 2004-2007*

	H+	Cl	S-SO ₄	N-NO ₃	Na	N-NH ₄	K	Mg	Ca	Fe	Al	Mn	Pluviosité moyenne sous couvert
Placette	g/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/ha	g/ha	g/ha	mm
CHP 40	11,5	47,8	7,3	2,7	23,1	3,2	41,7	5,1	9,5	54,9	96,0	658,8	615,8
CHP 59	28,7	24,5	7,7	2,5	11,9	6,6	37,2	4,1	8,9	77,3	108,8	1 320,3	720,4
CHS 35	10,5	32,2	4,3	2,8	14,9	7,7	29,1	3,6	4,7	58,0	63,7	2 033,6	533,1
CHS 41	12,1	15,3	2,9	2,0	6,5	4,3	19,2	2,6	6,1	33,9	54,7	1 504,4	433,4
CPS 77	11,1	13,9	3,4	2,9	5,9	3,8	13,7	2,9	8,5	52,3	70,4	1 313,7	397,0
DOU 71	107,1	21,4	5,5	8,3	12,7	4,4	12,5	3,0	7,2	36,8	233,4	704,0	959,5
EPC 08	107,3	30,5	11,3	7,3	16,1	7,9	25,0	2,9	8,0	85,6	372,7	1 524,3	1 016,6
EPC 63	39,6	16,3	4,1	4,7	8,7	2,8	16,4	2,6	8,1	84,7	241,1	610,9	686,5
EPC 74	64,0	7,8	4,5	6,9	3,3	6,7	15,6	1,6	10,9	108,1	192,1	262,4	984,6
EPC 87	53,0	25,5	5,2	5,8	13,1	3,3	22,4	3,0	6,6	58,6	239,7	400,1	836,1
HET 30	60,5	26,5	10,9	8,0	15,4	6,4	17,2	3,0	22,3	45,4	219,0	516,5	1 669,8
HET 64	22,0	27,2	8,4	4,9	13,9	4,0	19,5	2,8	10,0	21,5	94,0	505,3	853,5
PL 20	46,8	106,1	9,9	4,0	58,4	0,8	14,5	9,1	19,6	121,5	749,6	388,5	845,0
PM 17	76,4	141,3	9,6	4,7	77,7	2,8	8,0	10,8	11,8	40,1	101,1	142,8	576,1
PM 40c	76,6	36,2	4,4	3,0	16,5	2,7	13,9	4,8	9,7	57,7	299,8	91,1	589,8
PM 72	16,3	36,9	4,8	6,1	18,7	9,2	12,7	3,3	6,3	57,2	191,5	497,8	542,0
PM 85	68,1	204,9	12,8	4,6	120,7	2,7	13,0	15,4	10,8	58,1	77,2	69,1	488,1
PS 44	46,4	70,8	6,9	4,3	37,6	9,3	13,5	4,5	4,9	59,0	203,1	159,1	558,4
PS 67a	65,6	9,1	4,1	4,9	4,8	5,5	8,0	1,4	4,9	30,3	329,3	809,5	507,0
PS 76	164,9	63,6	14,2	5,6	34,4	7,6	15,7	5,3	9,6	51,3	262,9	1 507,3	593,1
SP 05	1,3	4,5	2,4	0,5	1,1	0,4	27,0	1,7	11,4	70,6	195,7	154,3	386,1
SP 11	19,0	26,7	7,4	3,6	12,9	1,9	43,7	2,8	12,4	120,6	314,5	245,2	863,5
SP 25	40,2	14,5	5,5	6,1	7,3	4,1	21,6	2,2	12,2	65,6	185,9	438,9	1 317,5
SP 38	28,2	5,8	4,3	2,1	2,2	2,3	18,0	1,6	7,9	47,1	218,9	1 117,3	981,0
SP 57	85,5	14,0	6,1	4,6	6,8	2,2	20,1	1,9	6,2	74,8	186,3	2 428,4	715,9
SP 68	45,8	9,6	3,9	5,6	4,7	4,0	21,8	1,6	5,4	46,6	176,7	314,2	709,0
Moyenne 2004-2007	50,3	39,7	6,6	4,6	21,1	4,5	20,0	4,0	9,4	62,2	210,7	758,4	745,3
Rappel Moyenne 1999-2003*	63,6	41,9	8,0	4,8	22,3	5,0	20,1	4,1	10,3	96,4	190,6	733,1	857,8
Rappel Moyenne 1993-1998	113,0	43,6	11,0	4,8	23,0	4,8	21,5	4,2	11,3	62,7	234,9	853,8	812,5
Variation depuis 1999-2003	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,0	-0,0	-0,1	-0,4	0,1	0,0	-0,1
Variation depuis 1993-1998	-0,6	-0,1	-0,4	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,0	-0,1	-0,1	-0,1

*Du fait de mesures incomplètes, l'année 2000 est exclue des calculs pour PS 67a de même que l'année 2003 pour SP 11.

Source : ONF, gestionnaire du réseau RENECOFOR (Réseau National de suivi à long terme des Écosystèmes Forestiers) et du sous-réseau CATAENAT (Charge Acide Totale d'origine Atmosphérique dans les Écosystèmes Naturels Terrestres) ; les placettes sont identifiées par leur essence principale - CHS pour le chêne rouvre, CHP pour le chêne pédonculé, CPS pour les chênes pédonculé et sessile en mélange, HET pour le hêtre, EPC pour l'épicéa, PS pour le pin sylvestre, PM pour le pin maritime, PL pour le pin laricio, DOU pour le douglas, SP pour le sapin pectiné - suivi de leur département d'implantation.

Le sous-réseau CATAENAT, mis en place par l'Office national des forêts (ONF) fin 1992, a pour objectif principal l'analyse de l'impact des dépôts atmosphériques sur les écosystèmes forestiers. Il est constitué de 27 sites hors couvert et 26 sous couvert forestier, répartis sur l'ensemble de la France métropolitaine et représentant des situations variées tant du point de vue de l'essence principale du peuplement que de la situation géographique, sans pour autant prétendre à la représentativité statistique. Parmi les mesures effectuées, on dispose actuellement de 15 années de mesure de la pluviosité et des dépôts atmosphériques annuels hors couvert et sous couvert forestier, de 1993 à 2007. L'analyse détaillée de ces résultats devant paraître prochainement et appelant des commentaires spécialisés, seules les grandes tendances dégagées dans les rapports scientifiques de l'ONF sont mentionnées.

Le détail des comparaisons de la période 2004 - 2007 avec les périodes précédentes 1993 - 1998 et 1999 - 2003 figure dans l'annexe XIV.

Les dépôts mesurés sous forêt sont nettement différents de ceux mesurés en clairière (hors couvert forestier). Cela est dû en premier lieu aux aérosols et aux brouillards captés par les houppiers des arbres en plus des dépôts pluvieux. En outre des échanges d'ions s'opèrent entre les précipitations et le feuillage : les arbres sont ainsi capables d'absorber certains éléments par absorption foliaire, comme l'azote, et en évacuent d'autres en échange (récréation), notamment le potassium, le calcium et le magnésium. Pour la plupart des éléments, les dépôts en forêt sont en général plus élevés que hors couvert, sauf pour l'azote, parfois absorbé par le feuillage, et les protons.

D'autre part, les dépôts sont souvent plus importants sous résineux - à l'exception du mélèze - que sous feuillus dans le même massif, du fait de la persistance du feuillage résineux en hiver :

a) les dépôts de protons (acidité directe, H^+) hors et sous forêt sont en majorité faibles car ils restent, dans toutes les placettes, largement inférieurs à 1 kg (Keq)/ha/an. En moyenne ils avaient déjà fortement diminué entre 1993-1998 et 1999-2003 (-43,7 %) et ont encore diminué entre 1999-2003 et 2004-2007 (-20,8 %). Les sites présentant les plus fortes valeurs sous couvert sur la période 1993-1998 sont ceux où la diminution a été la plus forte en 15 ans : -75,9 % en Seine-Maritime (PS 76), -72,4 % dans les Ardennes (EPC 08) et -79,1 % au mont Aigoual (HET 30). Cette diminution des dépôts de protons est à relier principalement à celle des retombées soufrées.

b) les dépôts de soufre ($S-SO_4$) ont deux origines principales. Une partie provient de dépôts marins, beaucoup plus importants près du littoral et sans effet acidifiant car accompagnés de cations alcalins (calcium, magnésium, potassium). D'autre part, les émissions anthropiques de SO_2 sont à l'origine de retombées de soufre acidifiantes car accompagnées pour partie de protons. Depuis 15 ans, en dehors des sites littoraux (PM 17 et PM 85), les dépôts atmosphériques de soufre ont fortement chuté (-39,8 % en moyenne), en même temps que ceux de protons (acidité directe). Les sites initialement les plus touchés par ces pollutions sont également ceux où les diminutions sont les plus fortes : -59,4 % en Seine-Maritime (PS 76), -54,3 % dans les Ardennes (EPC 08) et -41,1 % au mont Aigoual (HET 30) notamment. La poursuite de la politique de réduction des

émissions de SO_2 , amorcée en 1980, semble donc porter ses fruits, même si la diminution a ralenti entre 1999-2003 et 2004-2007. Le soufre cède progressivement sa place de composé acidifiant prépondérant à l'azote ($N-NO_3$ et $N-NH_4$) dont les dépôts diminuent beaucoup plus lentement.

c) les dépôts azotés (sous forme d'ammonium et de nitrates) ont un effet fertilisant pour les arbres mais également des effets négatifs d'acidification (puisqu'ils portent avec eux des protons) et d'eutrophisation des écosystèmes. Ces dépôts sont très variables spatialement. Leur origine est principalement liée aux activités agricoles (élevage et fertilisation) pour l'ammonium et aux émissions des véhicules pour les nitrates. Cependant les retombées peuvent être très éloignées des lieux d'émission, notamment sur les massifs montagneux (Vosges et Jura par exemple) où les précipitations sont plus fortes qu'en plaine.

En moyenne, sous couvert, les dépôts totaux d'azote ($N-NO_3+N-NH_4$) s'élèvent à 9 kg/ha/an sur la période 2004-2007. Par rapport à la période 1999-2003 on note ainsi une baisse non négligeable de 8 % sur la moyenne mais qui cache des tendances contrastées. En effet l'évolution est à la baisse pour 15 sites (de 2 à 42 %), à la hausse pour 8 autres (de 2 à 36 %) et stable pour les 3 derniers.

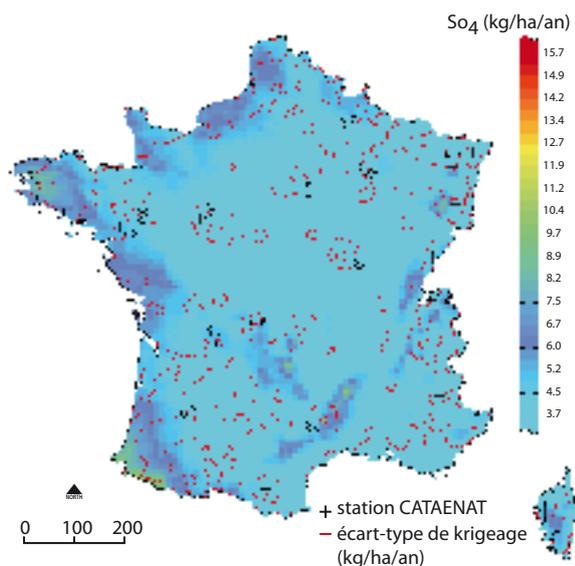
d) le calcium, le magnésium et le potassium sont des cations nutritifs majeurs dont les apports atmosphériques représentent une source importante pour les sols pauvres. Ces dépôts ont des origines différentes. Le magnésium (Mg), d'origine principalement marine, présente un gradient très marqué entre le littoral et l'intérieur des terres et ne suit aucune tendance en moyenne sous couvert depuis 1993. Quant au calcium (Ca), il provient notamment des vents sahariens mais aussi en partie des émissions industrielles. En moyenne sous couvert, on note une diminution non négligeable de ces dépôts depuis 1993 (-16,9 %) mais qui est surtout marquée pour les sites où la chute des dépôts soufrés est également la plus brutale : -44,8 % en Seine Maritime (PS 76), - 46,7 % dans les Ardennes (EPC 08) et -47,3 % à proximité de Strasbourg (PS 67a). Autrement dit, si la réduction des pollutions soufrées a permis de réduire considérablement l'acidité directe des retombées atmosphériques sur les forêts, elle semble aussi avoir entraîné une diminution sensible des apports en calcium.

e) les dépôts de sodium (Na) et de chlore (Cl) traduisent essentiellement l'influence marine. Lorsqu'ils sont élevés (PM 17, PM 85), ils peuvent soumettre les arbres à des conditions extrêmes de salinité.

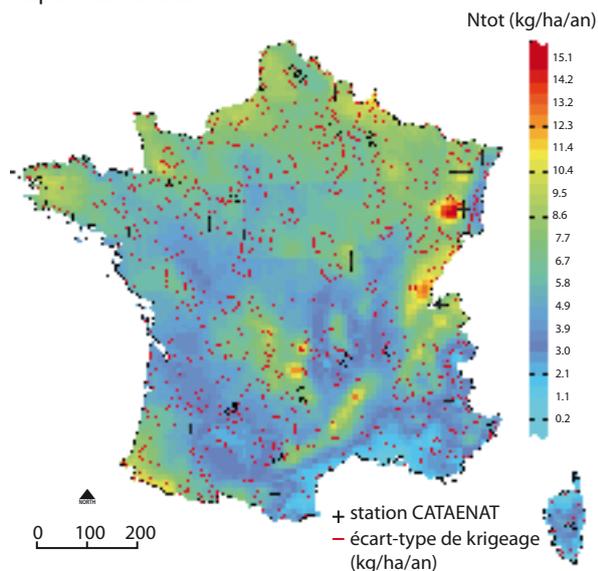
La baisse globale et importante des dépôts acidifiants de soufre et de protons est positive pour les écosystèmes et démontre l'efficacité de la politique volontariste de réduction des émissions de SO_2 amorcée en 1980. Toutefois, l'acidité des dépôts peut encore dépasser la charge critique pour les sols les plus pauvres. La diminution des pollutions atmosphériques reste un enjeu important, en particulier pour les dépôts azotés qui ont très peu évolué depuis 15 ans et dont l'accumulation dans les écosystèmes pourrait avoir des effets néfastes tant en terme d'acidification que d'eutrophisation.

La répétition en cours (2009-2012) de l'analyse des sols des placettes du réseau RENECOFOR (cf. p.47), devrait permettre de mieux caractériser l'impact réel de ces dépôts sur les écosystèmes forestiers.

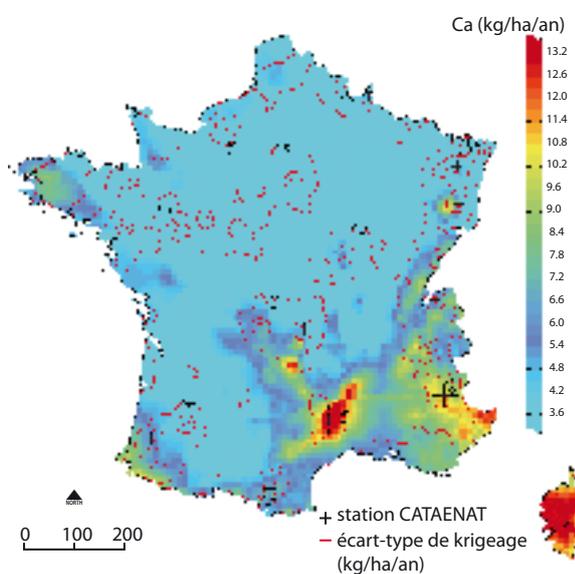
RENECOFOR - CATAENAT
 Spatialisation des dépôts atmosphériques
 annuels de sulfate ($S-SO_4$) hors couvert
 forestier sur la période 1999-2004



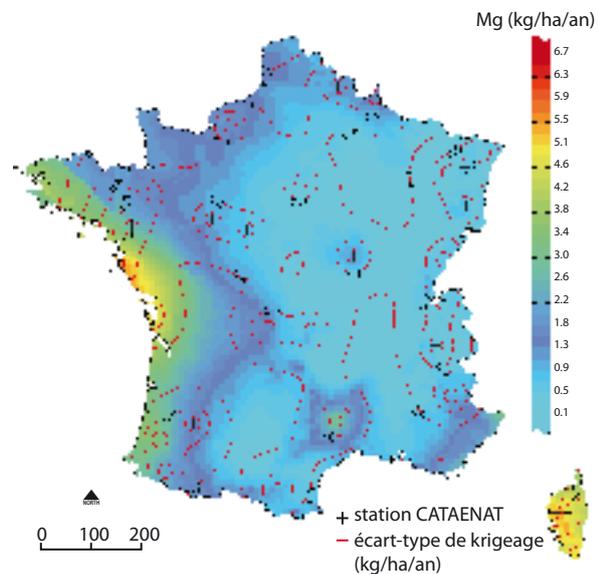
RENECOFOR - CATAENAT
 Spatialisation des dépôts atmosphériques
 annuels d'azote total ($N-NO_3 + N-NH_4$) hors couvert
 forestier sur la période 1999-2004



RENECOFOR - CATAENAT
 Spatialisation des dépôts atmosphériques
 annuels de calcium (Ca) hors couvert forestier
 sur la période 1999-2004



RENECOFOR - CATAENAT
 Spatialisation des dépôts atmosphériques
 annuels de magnésium (Mg) hors couvert forestier
 sur la période 1999-2004



Carte 9 : Spatialisation des dépôts atmosphériques annuels de sulfate, azote total, calcium et magnésium dans les pluies hors couvert forestier de 1999 à 2004 à partir des 27 sites du sous-réseau CATAENAT.

Source : ONF. Méthode élaborée par Croisé et al. (2005).

■ Évolution de la qualité générale des pluies hors couvert forestier dans le sous-réseau CATAENAT de 1993 à 2007 (concentrations moyennes nationales pondérées par la pluviosité)

Le calcul d'indicateurs de la qualité générale des précipitations moyennes en France est possible grâce à une méthode simple, divisant la somme des dépôts annuels de tous les sites par la somme de leur pluviosité. Le résultat est la concentration moyenne annuelle par millimètre de précipitation pour l'ensemble des 27 sites hors couvert forestier. C'est d'un point de vue scientifique le seul indicateur national permettant de suivre l'évolution à long terme de la qualité des précipitations.

L'acidité directe des pluies a diminué depuis 15 ans : le pH moyen a globalement augmenté depuis 1993 malgré une stagnation depuis 2000. La diminution des concentrations des sulfates de 37 % pendant la même période en est en partie responsable. Les nitrates montrent une grande stabilité, de même que l'ammonium si l'on exclut le pic initial de 1993. Concernant les cations alcalins (calcium, magnésium, sodium), on note que le magnésium suit de près les évolutions du sodium, traduisant bien sa principale origine marine. Cependant leurs variations annuelles sont trop importantes pour pouvoir distinguer des tendances.

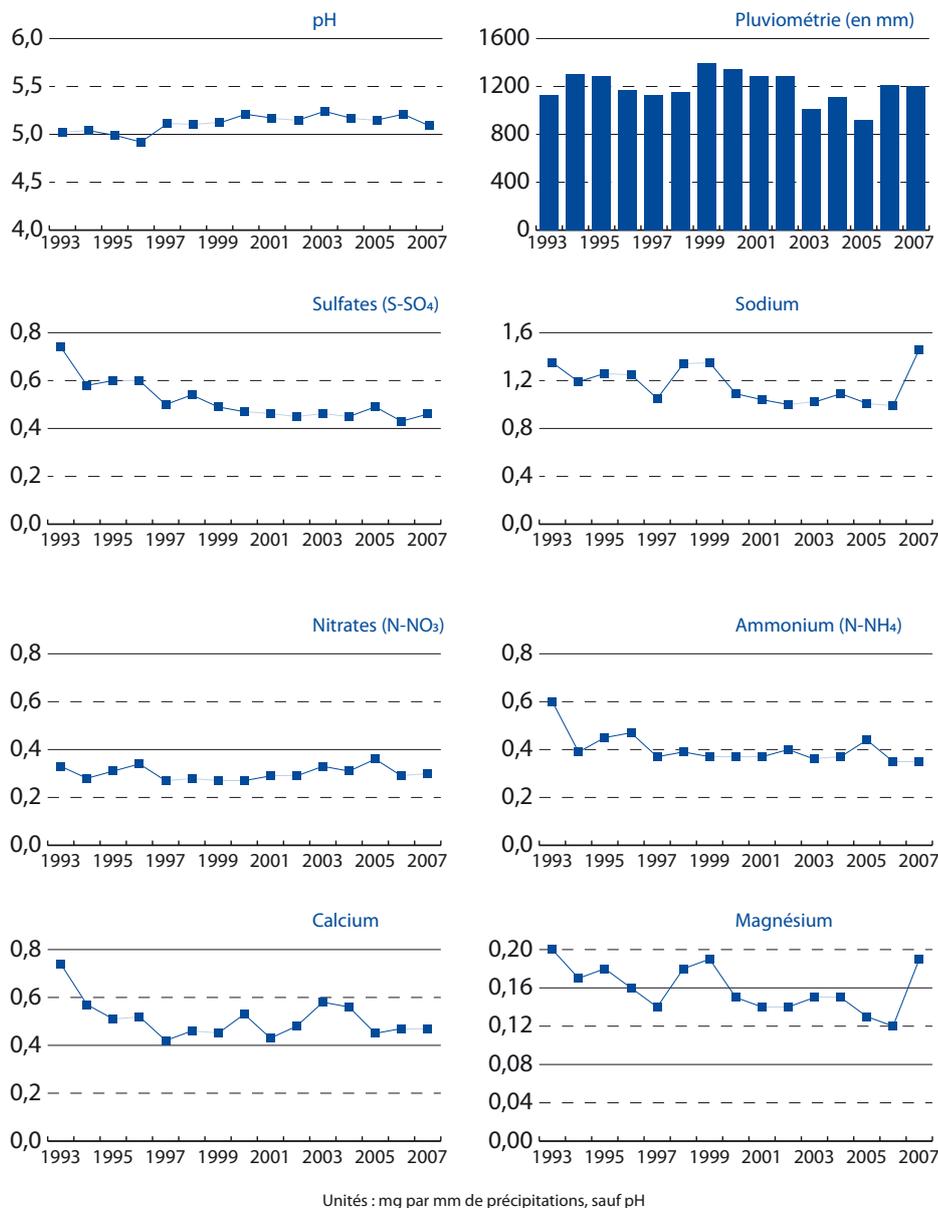


Figure 12 : Évolution de la qualité générale des pluies hors couvert forestier dans le sous-réseau CATAENAT de 1993 à 2007.

Source : ONF.

Bibliographie :

Croisé L., Ulrich E., Duplat P., Jaquet O., 2005

Two independent methods for mapping bulk deposition in France. Atmospheric Environment, 39 : 3923-3941.

Indicateur 2.2

Propriétés chimiques des sols des forêts et autres terres boisées (pH, CEC, C/N, C organique, saturation en bases) en relation avec l'acidité et l'eutrophisation des sols, selon les principaux types de sol

Édition 2005 des IGD : 508 placettes observées

Types de sol		pH eau	Capacité d'échange cationique (CEC=T)		Taux de saturation en bases (S/T)		Carbone organique		Rapport Carbone/ Azote (C/N)	
Libellé WRB	Nombre de placettes observées		mél/100 g		%		%		%	
Cambisol	222	5,5	11,5		57,6		36,0		14,9	
Leptosol	123	7,0	27,0		93,5		47,1		14,1	
Luvisol	72	4,8	5,6		47,6		27,5		16,5	
Podzol	47	4,7	3,3		32,6		26,5		24,5	
Arenosol	2	5,3	1,4		60,1		12,5		25,5	
Gleysol	10	5,8	19,2		75,4		41,2		13,0	
Regosol	3	6,7	13,6		82,6		37,3		17,8	
Autres	29	5,8	8,7		70,2		34,8		16,3	

Source : Département de la santé des forêts - Inventaire des sols forestiers européens (16 km x 16 km). Valeurs moyennes 1993-94 sur 0-20 cm.

WRB : World Reference Base of Soil Resources

Édition 2010 des IGD : 543 placettes observées

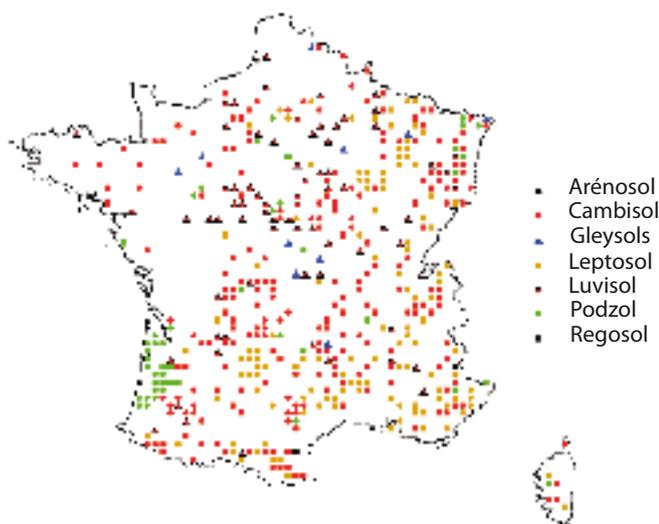
Types de sol		pH eau		Capacité d'échange cationique (CEC=T)		Taux de saturation en bases (S/T)		Carbone organique		Rapport Carbone/ Azote (C/N)	
Libellé WRB	Nombre de placettes observées			mél/100 g		%		%		%	
		<i>en cm</i>									
		0-10	0-20	0-10	0-20	0-10	0-20	0-10	0-20	0-10	0-20
Cambisol	288	5,6	5,7	17,9	16,0	71,9	68,7	54,3	42,3	16,4	16,0
Leptosol	37	7,0	7,0	35,0	32,3	97,1	96,4	72,7	59,3	16,8	16,2
Luvisol	48	4,8	4,8	6,1	5,3	56,1	49,1	32,8	24,1	17,5	17,4
Podzol	27	4,3	4,3	3,9	3,2	39,6	32,3	37,8	30,7	29,9	30,5
Arenosol	27	4,6	4,6	2,7	2,2	51,4	47,1	23,9	18,1	25,5	25,0
Stagnosol	28	4,9	5,0	8,3	7,4	58,0	52,4	36,3	26,5	17,8	17,5
Phaeozem	28	7,3	7,4	42,3	39,0	99,5	99,4	88,1	74,0	16,8	16,0
Umbrisol	25	4,6	4,6	8,8	7,1	34,6	30,7	83,7	69,2	18,1	18,1
Autres	35	5,3	5,4	13,1	11,9	71,2	66,7	43,2	32,1	17,9	17,6

Source : Département de la santé des forêts – Programme BioSoil : Inventaire des sols et de la biodiversité pour le réseau européen de surveillance des forêts (16 km x 16 km), 2007 ; valeurs moyennes sur 0-10 et 0-20 cm.

WRB : World Reference Base of Soil Resources.

Une première caractérisation des sols forestiers a été effectuée en 1994-1995 sur les placettes françaises du Réseau européen de suivi des dommages forestiers (Réseau européen de niveau 1), implanté en 1989 suivant une maille systématique carrée de 16 km de côté. En France, ce réseau se prolonge en milieu non forestier par le Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) implanté depuis 2001 sur la même maille systématique et géré par le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (Gis Sol). L'ensemble, destiné à suivre l'évolution de la qualité des sols sur le plan national, est constitué de 2000 points et couvre l'ensemble du territoire français métropolitain. Une seconde caractérisation des sols des placettes du Réseau européen de suivi des dommages forestiers (niveau 1) a été réalisée en 2007 dans le cadre du programme BioSoil (cf. ci-après).

Un autre réseau forestier français, le Réseau National de suivi à long terme des ÉCOsystèmes FORestiers (RENECOFOR), géré par l'Office national des forêts, vise à comprendre l'évolution des écosystèmes forestiers en réaction aux changements environnementaux (pollutions atmosphériques, événements météorologiques). Ce réseau ne repose pas sur une maille systématique, mais sur 102 sites d'étude répartis sur le territoire métropolitain et couvrant une large gamme d'écosystèmes en forêt de production (Chêne rouvre, Chêne pédonculé, Douglas, Épicéa, Hêtre, Mélèze, Pin sylvestre, Pin maritime, Pin laricio et Sapin pectiné). Le suivi des propriétés physico-chimiques des sols sur ces 102 sites est réalisé selon un protocole comparable dans le temps et comprenant cinq répétitions d'analyse par couche jusqu'à 40 cm de profondeur. La première campagne d'échantillonnage a été effectuée en 1993-95 ; la seconde campagne est en cours. Les premières évolutions temporelles seront analysées en 2013.



Carte 10 : Types de sols observés dans les placettes du réseau européen 16 km x 16 km.

Source : DSF, 1994-95 et 2007.

Depuis fin 2006, l'IFN, l'unité InfoSol de l'INRA d'Orléans et le Laboratoire d'analyse des sols (LAS) de l'INRA d'Arras se sont associés pour répondre au Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission Européenne (Ispra, Italie) dans le cadre du programme européen BioSoil, dont l'objectif est de produire un inventaire des sols et de la biodiversité pour le réseau européen de surveillance des forêts. À l'échelle européenne, BioSoil implique 22 pays et couvre quelque 4500 sites, dont 548 en France, organisés selon le découpage systématique de l'Europe par un quadrillage de 16 x 16 km.

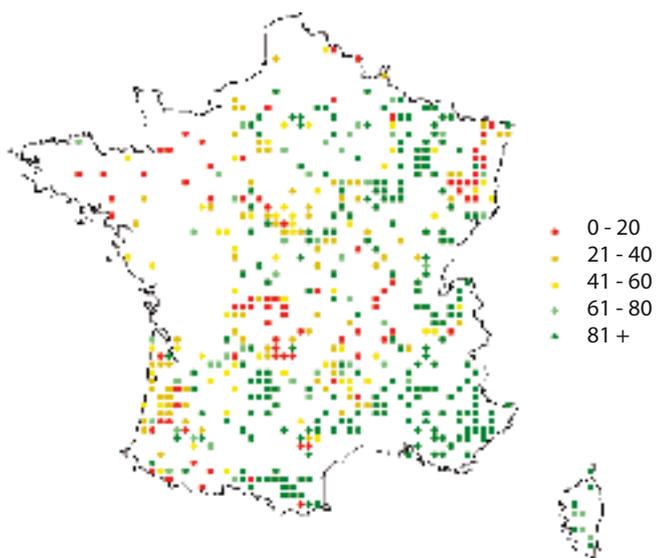
Il n'est malheureusement pas possible de présenter simplement une comparaison entre la campagne de mesures 2006-2007 (BioSoil) et la campagne de mesures précédentes (1994-1995) car :

- le protocole 1994 n'était pas adapté à une comparaison entre campagnes successives au niveau de la placette (un seul prélèvement par placette alors que la campagne BioSoil est effectuée avec un échantillon composite provenant de 5 prélèvements) ;
- la classification des sols est différente, selon le Référentiel pédologique français pour la campagne 1994-1995 et selon la classification WRB (*World Reference Base for Soil Resources*) pour la campagne BioSoil : ainsi, les Umbrisols sont des Organosols, les Stagnosols correspondent aux Réductisols, etc. ;
- indépendamment de cette évolution de la nomenclature, des profils identiques ont été classés différemment lors des deux campagnes ;
- le nombre de placettes a augmenté et un certain nombre d'entre elles ont été déplacées.

La comparaison par groupes de placettes ne peut donc pas être faite simplement. Des études détaillées sont en cours ou programmées.

Les sols forestiers sont nettement plus acides et désaturés (faible proportion de cations basiques dans le complexe d'échange cationique) que les sols agricoles. Cette différence tient au fait de l'occupation par les forêts de sols généralement ingrats (sols de montagne, sols hydromorphes, sols superficiels, etc.), sans apport d'intrants (engrais et amendements) et où une perte d'éléments minéraux est souvent enregistrée, du fait de l'exportation sans restitution d'éléments minéraux par la sylviculture, du prélèvement de litière (soutrage), et du lessivage accru d'éléments minéraux par les dépôts atmosphériques acides.

Quarante cinq pourcent des sols du réseau européen ont un taux de saturation (S/T) du complexe cationique en éléments nutritifs (calcium, magnésium, potassium) de l'horizon 0 - 20 cm supérieur à 80%. Inversement, 16 % des sols ont un faible S/T, inférieur à 20%. Il n'existe pas de seuils précis à partir desquels les arbres forestiers auraient nécessairement des problèmes de nutrition minérale, mais on sait que les risques augmentent fortement pour les S/T inférieurs à 10 % (6 % des sols). Les sols les plus désaturés sont principalement localisés dans les Vosges, le Grand Ouest (Normandie, Bretagne), le Massif central et le Massif landais.



Carte 11 : Taux de saturation en bases observés dans les placettes du réseau européen 16 km x 16 km.

Source : DSF, 1994-95 et 2007.

Indicateur 2.3

Déficit foliaire des principales essences forestières des forêts et autres terres boisées.
Répartition en classes de déficit foliaire « modéré », « sévère » et « mort »

En raison d'un changement méthodologique intervenu pendant la période 1995-1997, les données antérieures à 1994 ne peuvent être comparées aux données postérieures à 1997 : c'est pourquoi seuls sont présentés les résultats à partir de 1997. Le déficit foliaire d'un arbre est apprécié par rapport à un arbre de référence (à déficit foliaire nul). Des références sont définies pour chaque essence, région, peuplement. Les comparaisons entre essences ou grandes catégories (feuillus, résineux) sont de ce fait difficiles. Il faut donc privilégier la lecture des évolutions de ce critère de déficit foliaire, plutôt que sa valeur absolue en une année donnée.

Le déficit foliaire reflète globalement la vitalité de l'arbre. Il résulte de l'influence de divers facteurs : âge, sylviculture, présence de pathogènes, stress climatiques, pollutions atmosphériques, déficiences minérales, etc. La multiplicité des facteurs de déficit foliaire et leur difficile interprétation compliquent généralement la détermination de la cause de ce symptôme.

Le climat a été marqué par une sécheresse durable de 2003 à 2006 (et jusqu'en 2007 dans le sud-est méditerranéen) et par la tempête Klaus de janvier 2009 qui, si elle n'a pas parcouru l'ensemble du territoire, n'en a pas moins causé des dégâts très lourds dans le massif landais. Cet événement climatique a cependant nettement moins déstabilisé le réseau que les tempêtes de Noël 1999, puisque seules quelques placettes d'observation ont été suspendues ou déplacées.

Sur la période 2005-2010, bon nombre d'essences forestières ont connu une amélioration de leur niveau de déficit foliaire et donc de leur état sanitaire : on peut voir cette évolution comme une amorce de retour à la normale, après les deux crises majeures successives qu'a connues la forêt française avec les tempêtes de Noël 1999 et la sécheresse de 2003. Ce mouvement a d'ailleurs été favorisé par des périodes estivales fraîches et amplement arrosées en 2007 et en 2008, qui ont largement profité à la croissance de la végétation forestière.

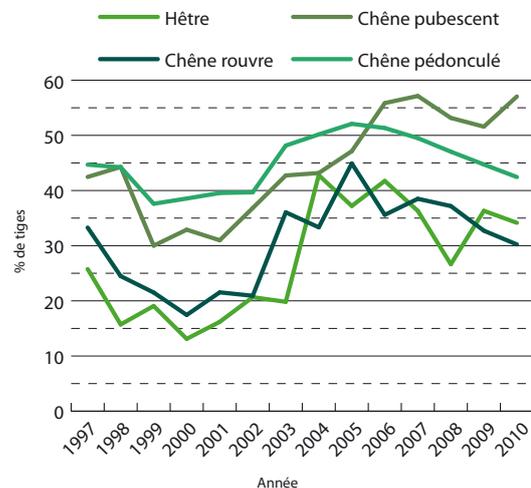


Figure 13 : Évolution du pourcentage de tiges des principales essences feuillues présentant un déficit foliaire supérieur à 25 %.

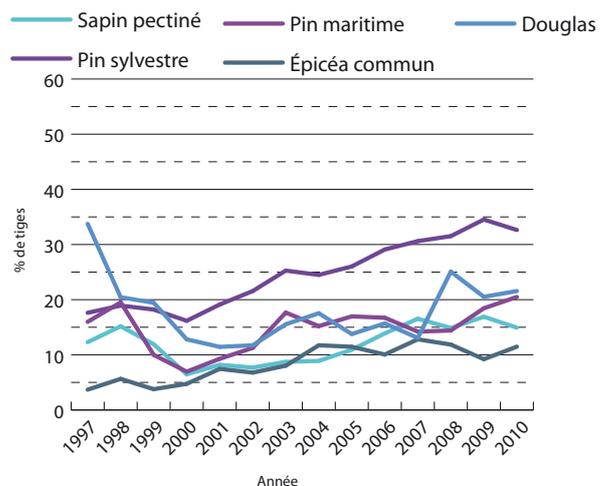


Figure 14 : Évolution du pourcentage de tiges de certaines essences résineuses présentant un déficit foliaire supérieur à 25 %.

Source : Département de la santé des forêts – Réseau systématique de suivi des dommages forestiers.



Volis sur pin maritime à la suite de la tempête Klaus de janvier 2009

Crédits photographiques : V. Dauffray - IFN

Cette tendance est particulièrement marquée pour les feuillus (chênes rouvre et pédonculé, hêtre, à l'exception du chêne pubescent), mais inexistante chez les résineux, pour lesquels on constate plutôt une stabilité, voire une légère augmentation (pin maritime, épicéa commun, sapin pectiné) ou une tendance haussière très nette pour le pin sylvestre, dont l'aggravation globale du déficit foliaire résulte pour l'essentiel de la détérioration de son état sanitaire dans le sud-est de la France.

Le niveau des arbres défoliés de façon modérée ou moyenne reste élevé depuis 2003, par rapport aux années précédentes. La mauvaise santé des feuillus est à mettre sur le compte des taux de déficit foliaire des chênes (surtout pédonculé) et aussi d'essences plus marginales, comme le merisier, sensible à la cylindrosporiose, les ormes, malades chroniques de la graphiose, les aulnes, les bouleaux... ou des essences peu valorisées comme le chêne vert ou le chêne pubescent, par exemple.

Après le pic de mortalité des résineux de l'année 2004, touchant presque exclusivement des épicéas affaiblis par la sécheresse de 2003 et attaqués par des scolytes, la part des arbres morts sur le réseau systématique est revenu à un niveau habituel pour les feuillus comme pour les résineux.



Vieux châtaignier mort

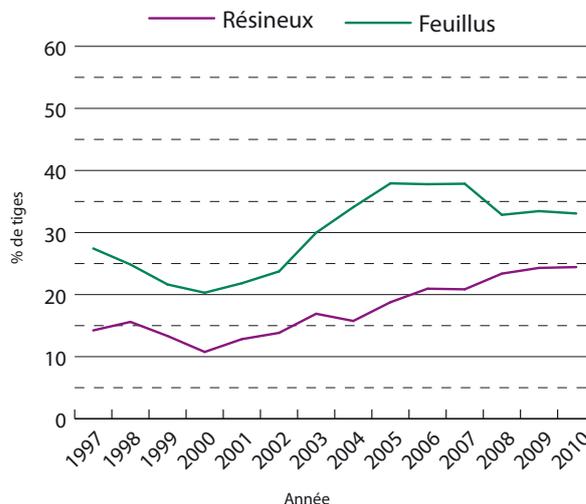


Figure 15 : Part des arbres touchés par un déficit foliaire modéré (de 25 à 60 %).

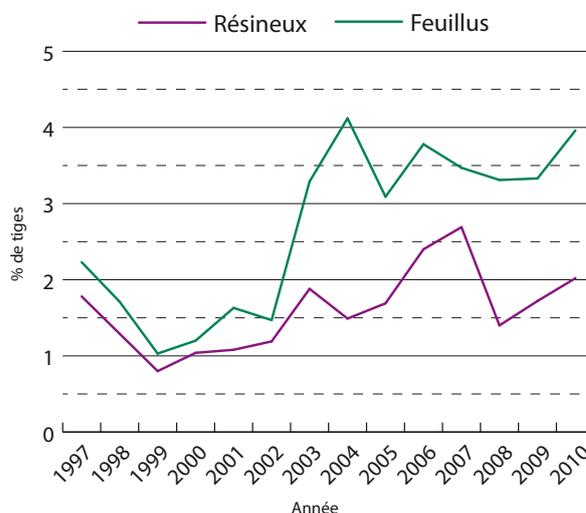


Figure 16 : Part des arbres touchés par un déficit foliaire sévère (plus de 60 %).

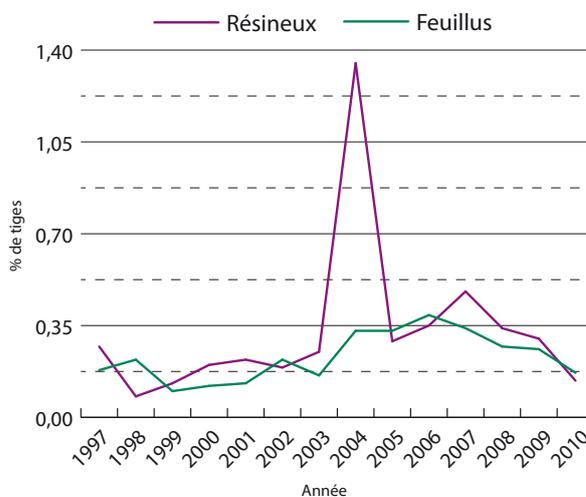


Figure 17 : Part des arbres morts.

Indicateur 2.4

Surface de forêts et autres terres boisées endommagées, classées par agent primaire de dommage (abiotique, biotique et anthropique) et par type de forêt

Cause du dommage	Essence principale	% de placettes atteintes			% d'arbres atteints		
		1995-1999	2000-2004	2005-2009	1995-1999	2000-2004	2005-2009
Insectes	Feuillus	40,3	39,9	39,9	17,9	18,0	16,6
	Résineux	9,5	8,6	11,2	3,4	1,8	4,1
	Toutes essences	34,7	34,2	34,7	12,8	12,3	12,2
Champignons	Feuillus	13,4	13,0	19,4	3,7	3,6	6,4
	Résineux	9,3	14,6	12,9	4,5	7,3	8,4
	Toutes essences	14,2	16,0	20,4	4,0	4,9	7,0
Stress climatiques	Feuillus	15,4	10,3	16,5	5,6	3,8	9,7
	Résineux	8,2	8,1	11,2	4,5	2,3	6,3
	Toutes essences	15,1	10,5	16,2	5,2	3,3	8,5

Source : Département Santé des Forêts (DSF).

Les dommages pour lesquels on dispose d'information au niveau national sont ceux causés par les insectes ravageurs, les champignons pathogènes, les stress climatiques, les incendies et les tempêtes. Pour les trois premiers, les

données fiables disponibles ne peuvent être exprimées qu'en nombre de placettes et d'arbres atteints et non en surface, comme pour les incendies et les tempêtes. L'analyse détaillée de ces dommages figure ci-après.

■ Dégâts causés par les insectes ravageurs, les champignons pathogènes et les stress abiotiques

Une estimation des surfaces concernées a été effectuée pour les deux premières éditions des indicateurs de gestion durable (1995 et 2000), à partir des principaux événements phytosanitaires signalés au cours des cinq années précédentes et en utilisant un facteur de correction multiplicatif pour tenir compte des cas non inventoriés. Compte tenu du niveau d'incertitude, nous avons préféré ne pas reporter les estimations réalisées auparavant. Il n'est notamment pas possible de définir sur des bases incontestables dans quel sens ces surfaces auraient pu évoluer par rapport à la période antérieure.

Les difficultés pour la mise en place d'un dispositif fiable de suivi de cet indicateur interviennent à plusieurs niveaux :

- les symptômes de dégâts de ravageurs (tels que les défoliateurs) et de pathogènes sont souvent limités dans le temps et leur quantification impose un dispositif statistique actif au moment opportun ;
- certains pathogènes (tel le fomès des résineux) sont très difficiles à détecter en l'absence de mortalité ou d'exploitation des arbres concernés ;
- les relations entre l'importance des symptômes et l'importance des pertes de croissance sont souvent mal connues ;

– les mortalités peuvent intervenir plusieurs mois voire plusieurs années après des dégâts de ravageurs ou de pathogènes. Elles sont généralement disséminées dans les peuplements et le niveau de mortalité qui impose une reconstitution varie fortement avec les options du gestionnaire.



Crédits photographiques : J.-C. Heau - IFN

Peuplement endommagé par la tempête Klaus en Aquitaine

Les dégâts causés par les insectes ravageurs, les champignons pathogènes et les stress abiotiques de type gels de printemps et sécheresses estivales sont éminemment conjoncturels : ils peuvent être limités à une année ou suivre des fluctuations de quelques années, selon la dynamique propre des populations des ravageurs, en interaction avec les accidents climatiques (notamment hydriques). Les mortalités correspondent souvent à l'aboutissement d'un affaiblissement progressif (vieillesse, attaques racinaires, etc.). Elles peuvent occasionnellement devenir plus fréquentes à la faveur de la conjonction de facteurs défavorables (par exemple, sécheresse et insectes défoliateurs) ou de la pullulation de populations de scolytes après tempêtes ou sécheresses.

À défaut d'un dispositif opérationnel de mesure capable de fournir des données quantifiées fiables à l'échelle nationale sur l'influence des divers facteurs biotiques et abiotiques, la question est abordée ici de deux façons complémentaires :

- **la proportion d'arbres et de placettes du réseau européen affectés par des « causes connues »** : la densité d'échantillonnage est suffisante pour refléter les problèmes sanitaires importants, mais

probablement pas ceux à répartition plus ponctuelle. De plus les observations estivales sous-évaluent les symptômes et causes de dommages car les facteurs de stress printaniers (insectes, gels, etc.) ne sont plus toujours identifiables en été et certains problèmes (racinaires, par exemple) sont difficiles à diagnostiquer ;

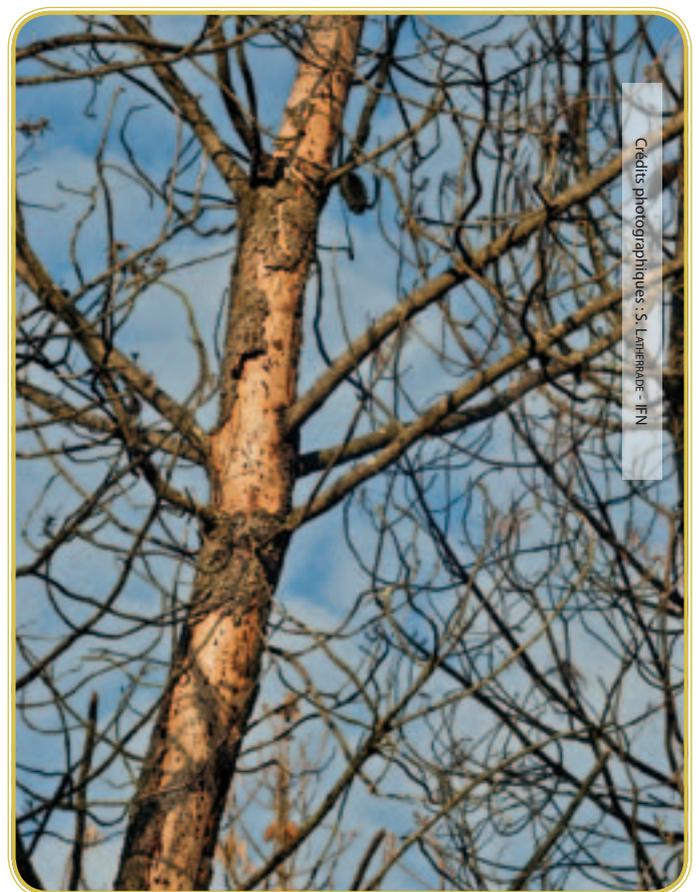
– **l'appréciation de l'intensité des problèmes phytosanitaires importants sur la base des observations faites par les correspondants-observateurs du Département santé des forêts** (plusieurs milliers d'observations par an) : il s'agit de problèmes avérés, mais on ignore la proportion de peuplements affectés dans une région. Les observations collectées permettent de suivre les fluctuations des principaux ravageurs de la forêt française.

N.B. : Les données récentes ne peuvent être comparées à celles de la période initiale de 1990-1994 car le niveau de formation des notateurs a sensiblement augmenté

■ Dégâts d'origine connue observés dans le réseau européen de suivi des dommages forestiers (fréquence moyenne des problèmes liés à des attaques d'insectes ravageurs, de champignons pathogènes et de facteurs abiotiques)

Toutes essences confondues, les trois facteurs de stress les plus fréquents au cours de la période 2005-2009 sont :

- les attaques d'insectes : 35 % des placettes et 12 % des arbres ;
- les attaques par les champignons pathogènes : 20 % des placettes et 7 % des arbres ;
- les stress abiotiques (dégâts climatiques, sylvicoles, carence minérale, etc.) : 16 % des placettes et 8 % des arbres.



Pin mort, suite à de très fortes attaques de scolytes

Essence	Nombre de placettes avec au moins une tige de l'essence	Nombre de placettes avec signalement					
		d'insectes		de champignons (et assimilés)		dommages dus à un facteur abiotique	
		moyenne 2005-2009	%	moyenne 2005-2009	%	moyenne 2005-2009	%
Chêne rouvre	130,4	44,8	34,4	14,6	11,2	7,0	5,4
Chêne pédonculé	148,2	48,0	32,4	34,6	23,3	11,6	7,8
Chêne vert	27,2	9,8	36,0	3,0	11,0	10,2	37,5
Chêne pubescent	68,2	35,8	52,5	9,0	13,2	16,6	24,3
Hêtre	131,8	30,0	22,8	2,8	2,1	11,4	8,6
Érables	59,6	4,8	8,1	1,6	2,7	3,0	5,0
Bouleaux	36,8	1,5	4,1	0,0	0,0	3,2	8,7
Charme	53,8	5,2	9,7	1,3	2,3	4,0	7,4
Châtaignier	52,6	2,0	3,8	10,4	19,8	6,8	12,9
Frêne commun	62,4	6,8	10,9	1,4	2,2	4,4	7,1
Peupliers	30,2	1,8	6,0	2,4	7,9	4,0	13,2
Merisier	37,8	4,0	10,6	4,0	10,6	2,2	5,8
Autres feuillus	84,4	10,0	11,8	3,6	4,3	7,8	9,2
Tous feuillus	380,8	151,8	39,9	74,0	19,4	62,4	16,5
Épicéa commun	48,0	1,3	2,6	1,0	2,1	1,8	3,6
Sapin pectiné	49,2	2,0	4,1	11,0	22,4	4,4	8,9
Pin sylvestre	66,2	5,2	7,9	9,4	14,2	6,4	9,7
Pin maritime	51,4	10,2	19,8	1,0	1,9	4,0	7,8
Pins noirs	22,4	1,8	8,0	1,3	5,6	4,3	19,0
Pin d'Alep	14,4	2,3	16,2	5,6	38,9	3,2	22,2
Douglas	20,0	1,6	8,0	2,2	11,0	2,0	10,0
Mélèze	13,6	2,8	20,2	1,0	7,4	2,4	17,6
Autres résineux	10,8	1,0	9,3	1,0	9,3	1,3	11,6
Tous résineux	231,2	25,8	11,2	30,0	12,9	26,2	11,2
Toutes essences	503,8	174,8	34,7	103,0	20,4	81,4	16,2

Source : DSF.

La gravité de ces dommages est difficile à interpréter, car des causes de sur- et de sous-estimation coexistent, avec une grande difficulté pour démêler leurs influences respectives. Par ailleurs, le tableau présenté ne fait que reprendre les mentions des divers facteurs d'atteintes aux arbres forestiers, sans prendre en compte la sévérité des dommages. Enfin, si la maille du réseau systématique permet de suivre des phénomènes de grande ampleur spatiale, elle n'est pas adaptée à l'appréciation de dommages localisés et ponctuellement forts ou à la détection d'organismes nuisibles émergents, comme le pathogène *Chalara fraxinea*, qui a été identifié dans la partie orientale du pays à partir de 2008.

Néanmoins, on constate qu'au cours des dernières années la hiérarchie des différents types de problème reste globalement la même, ainsi que les proportions d'arbres touchés. Les variations peuvent d'ailleurs s'expliquer aisément : par exemple la recrudescence de pathogènes sur chênes par des attaques plus virulentes de l'oïdium au cours des dernières années.

Essence	Nombre de tiges	Nombre de tiges avec signalement					
		d'insectes		de champignons (et assimilés)		de dommages dus à un facteur abiotique	
		moyenne 2005-2009	%	moyenne 2005-2009	%	moyenne 2005-2009	%
Chêne rouvre	1 225,0	213,4	17,4	40,6	3,3	23,6	1,9
Chêne pédonculé	1 128,0	240,8	21,3	170,0	15,1	34,8	3,1
Chêne vert	368,6	64,6	17,5	38,0	10,3	160,6	43,6
Chêne pubescent	852,6	199,0	23,3	28,0	3,3	157,4	18,5
Hêtre	1 086,6	261,6	24,1	16,6	1,5	90,0	8,3
Érables	149,4	7,2	4,8	4,2	2,8	6,8	4,5
Bouleaux	146,8	2,0	1,4	0,0	0,0	40,0	27,2
Charme	222,0	14,0	6,3	2,0	0,9	11,8	5,3
Châtaignier	431,6	9,0	2,1	83,0	19,2	40,8	9,5
Frêne commun	281,4	31,4	11,2	6,0	2,1	6,4	2,3
Peupliers	149,0	3,6	2,4	37,2	25,0	25,8	17,3
Merisier	92,0	6,6	7,2	8,5	9,2	3,8	4,1
Autres feuillus	415,8	44,2	10,6	9,0	2,2	35,0	8,4
Tous feuillus	6 548,8	1 089,0	16,6	418,2	6,4	635,4	9,7
Épicéa commun	482,6	10,3	2,1	1,0	0,2	3,8	0,8
Sapin pectiné	498,8	5,8	1,2	35,6	7,1	54,6	10,9
Pin sylvestre	664,8	10,2	1,5	105,0	15,8	70,6	10,6
Pin maritime	844,8	35,8	4,2	2,0	0,2	19,2	2,3
Pins noirs	227,4	20,4	9,0	8,3	3,6	14,0	6,2
Pin d'Alep	225,2	9,0	4,0	123,4	54,8	31,8	14,1
Douglas	306,2	9,8	3,2	20,2	6,6	14,3	4,7
Mélèze	149,4	56,5	37,8	3,0	2,0	17,2	11,5
Autres résineux	95,4	3,0	3,1	1,0	1,0	4,0	4,2
Tous résineux	3 494,6	143,2	4,1	292,4	8,4	219,4	6,3
Toutes essences	10 100,4	1 232,2	12,2	710,6	7,0	854,8	8,5

Source : DSF.

On retrouve les tendances habituelles, en fonction des caractéristiques des essences et des ravageurs :

- les chênes et le mélèze sont plus affectés par les insectes, notamment les chenilles défoliatrices ;
- les peupliers et le châtaignier pour les feuillus, le pin d'Alep pour les résineux connaissent des problèmes de champignons pathogènes récurrents ;
- le gui est le problème essentiel rencontré chez le pin sylvestre ;
- certaines essences montrent des symptômes interprétés comme étant des conséquences de la sécheresse : chênes vert et pubescent, bouleaux, pins sylvestre et d'Alep, etc.

■ Intensité relative de 10 grands problèmes phytosanitaires de la forêt française de 1989 à 2009

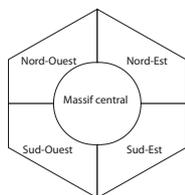


Figure 18 : Intensité relative de dix grands problèmes phytosanitaires de la forêt française de 1989 à 2009.

Source : DSF.

Les hexagones représentent la France :

- Nord-Ouest
- Nord-Est
- Massif central
- Sud-Ouest
- Sud-Est



Intensité des problèmes :

- vert : absence, trace, léger, endémique,
- jaune : modéré,
- rouge : fort, épidémique.

Les parties blanches de certains hexagones traduisent le fait que le ravageur mentionné est (ou a été) absent des régions concernées.

La période 2005-2009 a été marquée par la poursuite des attaques du typographe sur l'épicéa, suite aux pullulations initiées par les chablis de la tempête de Noël 1999 et la sécheresse-canicule de 2003. Ces attaques ont fini par s'estomper dans les Alpes puis dans l'Est en 2008, à la faveur des étés bien arrosés de 2007 et de 2008 et de la mise en place du cortège parasitoïde du scolyte. Néanmoins, plusieurs centaines de milliers de mètres cubes d'épicéa ont été détruits par les pullulations de cet insecte. Les chenilles défoliatrices des feuillus ont connu une phase épidémique au cours de l'année 2005, sans conséquence majeure, pour revenir à un niveau endémique très rapidement. En 2008, les rouilles des peupliers ont bénéficié d'un climat doux et humide qui a assuré leur prolifération.

■ Incendies observés dans les forêts et autres terres boisées

Année	Surfaces détruites par le feu (ha)			Total	Nombre de feux
	Hors zone méditerranéenne	Zone méditerranéenne ¹			
			%		
1979	6 376	53 351	89	59 727	5 507
1980	5 988	16 188	73	22 176	5 040
1981	4 233	23 478	85	27 711	5 173
1982	6 486	48 659	88	55 145	5 308
1983	5 239	48 490	90	53 729	4 659
1984	12 507	14 696	54	27 203	5 672
1985	9 861	47 507	83	57 368	6 249
1986	4 460	47 400	91	51 860	4 353
1987	3 714	10 395	74	14 109	3 043
1988	1 494	5 208	78	6 702	2 837
1989	18 695	56 871	75	75 566	6 743
1990	18 728	53 897	74	72 625	5 881
1991	3 581	6 549	65	10 130	3 888
1992	3 828	12 765	77	16 593	4 002
1993	4 797	11 901	71	16 698	4 769
1994	2 390	22 605	90	24 995	4 618
1995	8 149	9 988	55	18 137	6 563
1996	8 281	3 119	27	11 400	6 401
1997	9 331	12 250	57	21 581	8 005
1998	7 837	11 243	59	19 080	6 288
1999	3 123	12 782	80	15 905	4 960
2000	5 162	18 864	79	24 026	4 553
2001	2 502	17 970	88	20 472	4 260
2002	23 860	6 299	21	30 159	4 097
2003	11 771	61 507	84	73 278	7 023
2004	3 114	10 596	77	13 710	3 767
2005	4 779	17 356	78	22 135	4 698
2006	2 410	5 483	69	7 893	4 608
2007	2 086	6 486	76	8 572	3 382
2008	2 260	3 746	62	6 006	2 793
2009	5 888	11 112	65	17 000	4 870
(1) Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse, Drôme, Ardèche					
Moyenne 1980-84 (ha/an)	6 891	30 302	81	37 193	5 170
% surface forestière totale	nd	nd		0,23	
Moyenne 1985-89 (ha/an)	7 645	33 476	81	41 121	4 645
% surface forestière totale	nd	nd		0,25	
Moyenne 1990-94 (ha/an)	6 665	21 543	76	28 208	4 632
% surface forestière totale	0,05	0,63		0,18	
Moyenne 1995-99 (ha/an)	7 344	9 876	57	17 221	6 443
% surface forestière totale	0,06	0,24		0,10	
Moyenne 2000-2004 (ha/an)	9 282	23 047	71	32 329	4 740
% surface forestière totale	0,07	0,54		0,19	
Moyenne 2005-2009 (ha/an)	3 485	8 837	72	12 321	4 070
% surface forestière totale	0,02	0,20		0,08	

Source : MAAPRAT et ministère de l'Intérieur, à partir des fichiers Prométhée pour la zone méditerranéenne, Association régionale DFCI pour la région Aquitaine et des déclarations des DRAAF pour les autres régions. Les surfaces incendiées sont rapportées aux surfaces des forêts et autres terres boisées de l'enquête Teruti-Lucas du SSP : indicateur 1.1.

De 1991 à 2002, les superficies brûlées en France se sont maintenues entre 10 000 et 30 000 hectares par an, marquant une rupture nette avec la décennie précédente.

Ces résultats encourageants ont été mis à mal par l'année 2003, année de sécheresse-canicule qui a enregistré un record avec 73 300 hectares incendiés et plus de 7 000 feux. La région méditerranéenne a été particulièrement touchée, dépassant les pertes des années 1989 et 1990 : plus de 60 000 hectares y ont brûlé en 2003 dont 27 400 en Corse et 18 800 dans le Var. Comme en 1989 et 1990, la surface moyenne des feux a dépassé les 10 hectares sur l'ensemble du territoire. Ce résultat moyen masque des disparités importantes selon les régions, la zone méditerranéenne ayant enregistré les plus grands incendies.

Autre fait marquant des dernières années, le pic de surfaces incendiées enregistré en 2002 hors zone méditerranéenne et qui correspond à des feux importants en Aquitaine et Midi-Pyrénées. L'année 2004 marque un retour à la normale avec une surface incendiée inférieure à 14 000 hectares sur l'ensemble du territoire.

Malgré les pics de 2005 et 2009, liés à des conditions climatiques estivales chaudes et sèches, les surfaces détruites ont beaucoup diminué de 2006 à 2008, restant inférieures à 10 000 hectares, avec un minimum historique à 6 000 hectares et moins de 3 000 départs de feu en 2008.

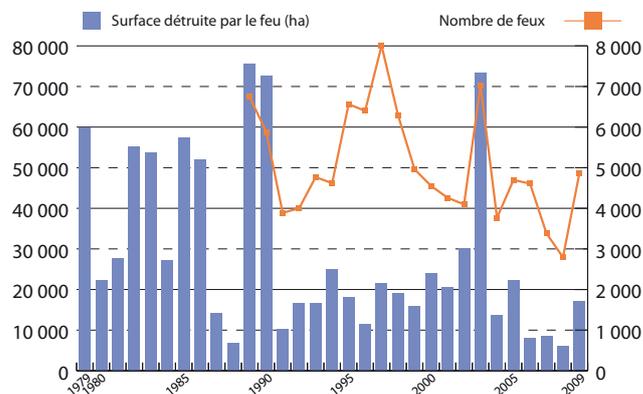


Figure 19 : Évolution du nombre de feux et de la surface incendiée dans les forêts et autres terres boisées de 1979 à 2009.

Source : MAAPRAT et ministère de l'Intérieur.

Cette amélioration résulte de plusieurs évolutions, parmi lesquelles figurent :

- une meilleure adaptation du dispositif aux conditions climatiques exceptionnelles ;
- une plus grande maîtrise de l'urbanisation en forêt et une meilleure autoprotection des habitations ;
- un entretien régulier des coupures réalisé si possible par des agriculteurs ou des éleveurs ;
- une coordination des acteurs plus efficace ;
- une meilleure sensibilisation du public à la prévention.

■ Tempêtes

	1965-1974	1975-1984	1985-1994	1995-2004	2005-2009**
Volume en forêt publique (Mm ³)	3,0	3,6	9,7	61,7	2,3
Volume en forêt privée (Mm ³)	0,7	12,0	6,5	115,4	41,0
Volume total (Mm³)	3,7	15,6	16,2	177,1	43,3
% du volume sur pied	0,2	1,0	0,9	8,3	1,8
% de la production de la période correspondante	-	2,6	2,2	20,0	nd
Volume moyen par ha de forêt métropolitaine et par an	0,0	0,1	0,1	1,1	0,6
Peuplements détruits (en ha/an)*	environ 2 500	environ 9 800	environ 9 300	environ 115 300	environ 70 000

*De 1965 à 1998 : équivalent-surface des volumes détruits ; 1999 : estimation IFN des surfaces des peuplements détruits sur plus de 10 % de leur couvert ; 2005-2009 : estimation IFN des surfaces des peuplements détruits sur plus de 20 % de leur couvert.

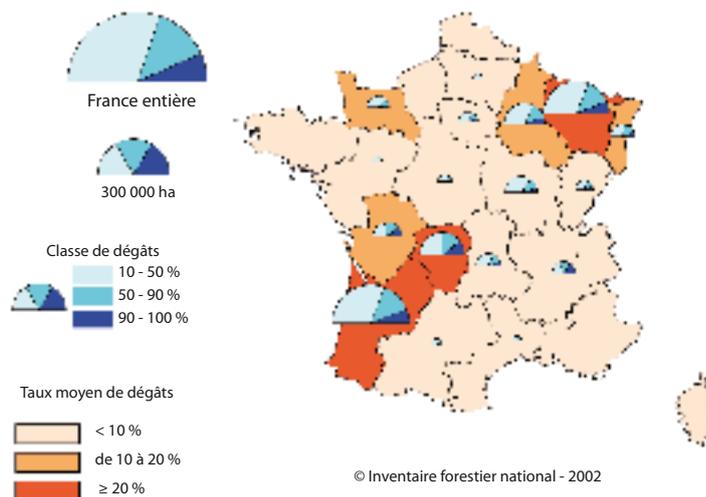
** Ces chiffres, ne prenant en compte que la tempête Klaus de 2009, sont présentés uniquement à titre d'information, en attendant le complément véritable du tableau, pour la période 2005-2014.

Source : de 1965 à 1998 : ONF et ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pour les seuls chablis exceptionnels, en ne prenant donc pas en compte les volumes de chablis récoltés régulièrement en montagne à la sortie de l'hiver ; pour la forêt privée, la plupart des chiffres sont issus de la thèse de M. Doll « les cataclysmes météorologiques en forêt », 1988 ; l'équivalent-surface des volumes détruits par an est calculé à partir du volume moyen par hectare des futaies régulières, type de peuplement le plus souvent affecté par les chablis. Pour les tempêtes de 1999 et de 2009, estimation IFN à partir de l'analyse des photos aériennes et des retours terrain après tempête - voir détail ci-contre ; le volume de chablis exceptionnels de 2000 à 2008 est nul.

Après les tempêtes de décembre 1999, qui ont provoqué des dégâts considérables dans une grande partie de la forêt française (176 Mm³ détruits, carte 12), la période 2005-2009 n'a connu que l'exceptionnelle tempête de janvier 2009 dans le Sud-Ouest (voir ci-après).

Carte 12 : Surface des peuplements endommagés à plus de 10 % par classe de dégâts et taux moyen de dégâts, par région administrative.

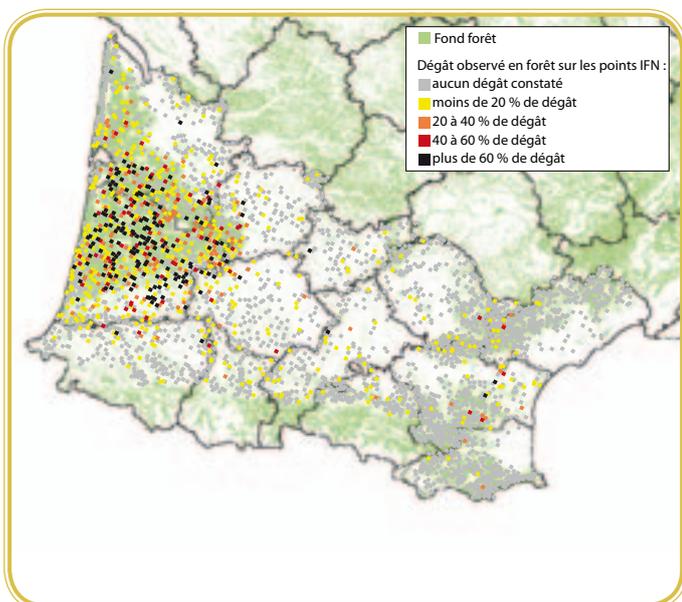
Source : IFN, 2002.



■ La tempête de janvier 2009

La tempête Klaus du 24 janvier 2009 a fortement touché le massif forestier aquitain et de manière plus diffuse différents massifs du Sud-Ouest de la France. Les dégâts ont été estimés par l'Inventaire forestier national en Aquitaine, Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon au moyen de deux méthodes complémentaires :

- la cartographie des dégâts de tempête sur le massif aquitain à partir d'images satellite SPOT nettes de nuages à résolution décimétrique, prises en février, couvrant la quasi-totalité de la zone sinistrée (hormis la pointe sud-ouest des Landes) ;
- l'estimation combinée des surfaces et des volumes de bois concernés, reposant sur :
 - l'observation de plus de 3 000 points déjà inventoriés lors des quatre dernières campagnes d'inventaire par l'ensemble du personnel de terrain, au cours du mois de février ;
 - la photo-interprétation de photographies aériennes prises à la verticale de points d'inventaire. Des prises de vues aériennes à basse altitude ont complété le dispositif de retour sur le terrain pour les Pyrénées-Orientales.



Carte 13 : Évaluation des dégâts en forêt par retour terrain et photo-interprétation sur les points IFN des quatre dernières campagnes d'inventaire.

Source : IFN, 2009.

La surface totale de la zone observée est de 7,3 Mha. Dans cette zone, la forêt de production couvre 35 % du territoire soit 2,5 Mha.

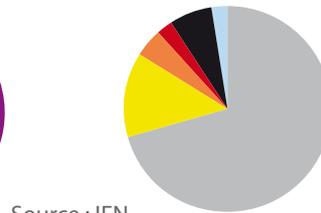
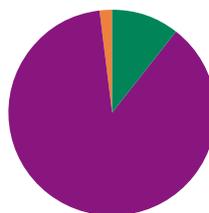
La surface affectée par la tempête est de 690 000 hectares, soit 29 % de la superficie forestière.

	Surface de forêt de production (en hectares)	Part de la surface (%)
Aucun dégât constaté	1 788 000	71
Avec moins de 20 % de dégât	338 000	13
Avec 20 à 40 % de dégât	117 000	5
Avec 40 à 60 % de dégât	63 000	3
Avec plus de 60 % de dégât	170 000	7
Sans information	58 000	2
Total	2 535 000	100

Volume de dégât :
 ■ Feuillus
 ■ Pin maritime
 ■ Autres résineux

Dégât observé en forêt sur les points IFN :

■ aucun dégât constaté
 ■ moins de 20 % de dégât
 ■ 20 à 40 % de dégât
 ■ 40 à 60 % de dégât
 ■ plus de 60 % de dégât
 ■ sans information



Source : IFN.

	Volume de dégât (en Mm ³)	Part du volume (%)
Feuillus	4,6	11
Résineux	38,7	89
dont Pin maritime	37,9	87
dont autres résineux	0,8	2
Total	43,3	100

Indicateur 2.4.1

Présence simultanée de plusieurs espèces d'ongulés

Le graphique ci-dessous présente la superposition de la présence des ongulés sauvages de France (cerf, chevreuil, sanglier, daim, cerf sika, chamois, isard, bouquetin et mouflon) en forêt en 2005.

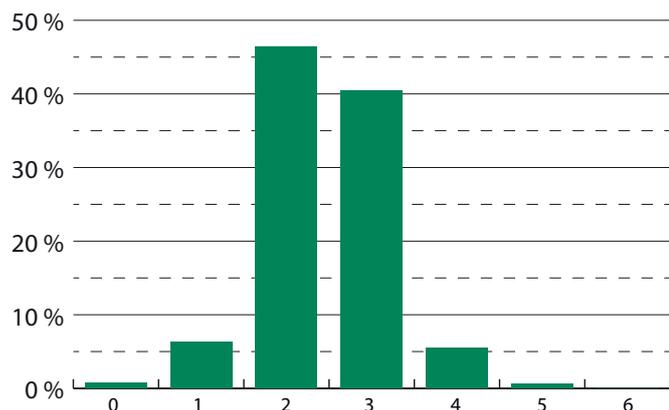


Figure 20 : Répartition de la superficie forestière française (Corse incluse) selon le nombre d'espèces d'ongulés présents en forêt en 2005 (sanglier inclus).

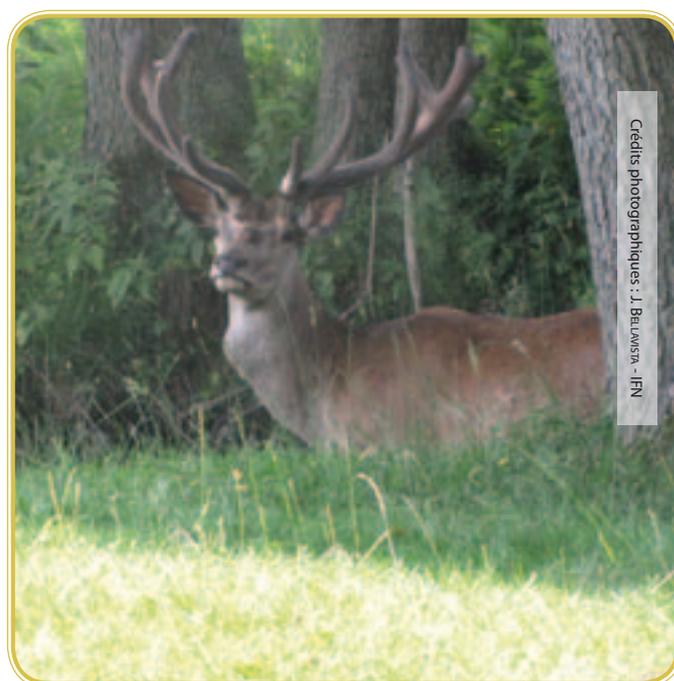
Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.

Nota. Les calculs ont été faits d'après les données de l'enquête « massifs à cerf » réalisée tous les 5 ans (données 2010 en cours de traitement) et de l'enquête quinquennale ongulés de montagne, renouvelée en 2011. Les données pour le chevreuil sont tirées de l'enquête quinquennale « tableau de chasse communal chevreuil », la dernière datant de 2007. Les données sanglier sont tirées de l'enquête communale annuelle « tableau de chasse communal sanglier ». Les données sur les espèces marginales daim et sika sont tirées de l'enquête quinquennale communale de 2006.

C'est en montagne que le cerf a le plus étendu son aire de répartition. Parallèlement, les ongulés de montagne ont suivi la même progression numérique (les effectifs de chamois et de bouquetins ont quasiment doublé en 10 ans), avec au contraire une colonisation des milieux de basse altitude. Le chevreuil et le sanglier continuent eux aussi leur progression en altitude et ils sont observés à plus de 2500 m. On assiste donc à la généralisation de situations de cohabitation entre les différentes espèces, en particulier sur les milieux forestiers puisqu'en moyenne les forêts représentent environ 40 % des territoires occupés.

	Surface (1 000 ha)	% forêt française
0 espèce	111,6	0,7
1 espèce	952,9	6,3
2 espèces	7 024,7	46,4
3 espèces	6 123,4	40,5
4 espèces	836,2	5,5
5 espèces	83,4	0,6
6 espèces	0,2	0,0
Forêt française	15 132,4	100,0

Source : réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC, SSP pour la surface forestière de référence.



Crédits photographiques : J. BELLAIS - IFN

Cerf élaphe dont les bois sont en formation, juin 2010 en Alsace

Indicateur 2.4.2

Progression des ongulés sauvages sur le milieu forestier

La grande faune sauvage constitue un élément important des écosystèmes forestiers. Dans le cadre de ses missions, l'ONCFS réalise depuis plus de 30 ans le suivi des populations de grands ongulés en France. Le réseau « ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC » actuel concerne toutes les espèces d'ongulés sauvages présentes en France, en plaine comme en montagne. Les prélèvements cynégétiques sont relevés annuellement par département pour toutes les espèces chassables. Le cerf élaphe, le daim, le cerf sika, le chamois, l'isard, le mouflon et le bouquetin font l'objet d'enquêtes périodiques qui permettent de cartographier précisément leur distribution spatiale et d'estimer les effectifs. Pour le chevreuil et le sanglier les effectifs sont estimés à partir des tableaux de chasse réalisés.

L'évolution des tableaux de chasse de tous les ongulés chassés en France montre l'importante progression de ces espèces au cours des 20 dernières années. Cette progression est plus marquée pour les ongulés de plaine que pour ceux de montagne.

	Réalisations 2009-2010	Progression sur 20 ans
Cerf élaphe	49 075	× 3,8
Chevreuil	507 148	3,2
Sanglier	491 762	4,7
Chamois	14 066	2,8
Isard	3 388	1,6
Mouflon	4 322	3,8
Daim	2 334	6,1
Cerf Sika	164	6,6

Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.

■ Évolution sur 20 ans des tableaux de chasse ongulés en France

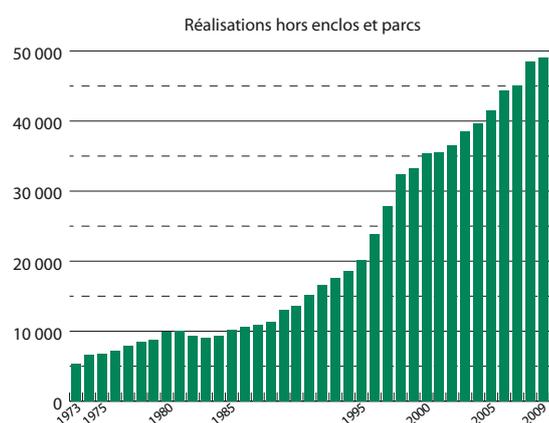


Figure 21 : Évolution des prélèvements annuels de cerfs de 1973 à 2009 sur le territoire national.

Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.

En 20 ans, la superficie colonisée par le cerf a doublé et les effectifs estimés ont quadruplé.

Le chevreuil marque par contre un net ralentissement ces dernières années, avec sur certains territoires des phénomènes de densité-dépendance.

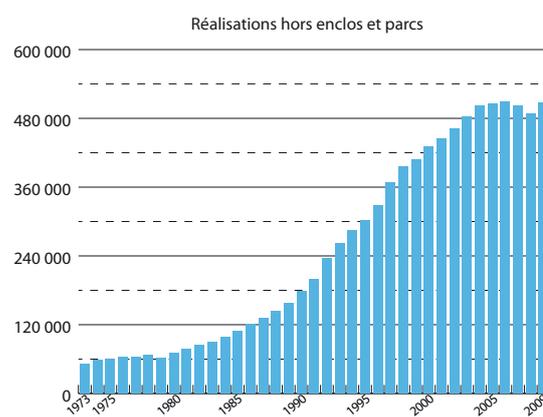
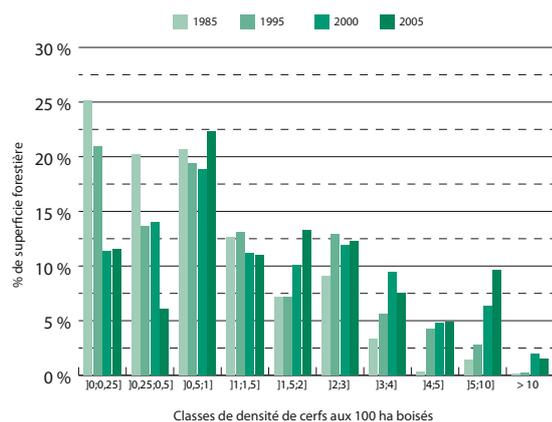


Figure 22 : Évolution des prélèvements annuels de chevreuils de 1973 à 2009 sur le territoire national.

Le cerf



En 1985, le cerf occupait 26 % des forêts françaises, 31 % en 1995, 39 % en 2000 et 45 % en 2005. On constate en 20 ans une nette diminution des superficies forestières avec des faibles densités de cerf, et l'apparition de massifs forestiers à très fortes densités de cerfs.

Figure 23 : Répartition de la superficie forestière occupée par le cerf en France (Corse exclue), selon les classes de densité de cerfs aux 100 ha boisés.

Nota. Les enquêtes de l'ONCFS ayant lieu tous les 5 ans, les données 2010 ne sont pas disponibles pour cette édition ; elles seront cependant consultables sur le site www.oncfs.gouv.fr à la fin de l'année 2011.

Superficie forestière occupée par le cerf en France

Classes de densité de cerfs	1985		1995		2000		2005	
	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt
0;0,25]	985,6	25,1	979,9	20,9	663,4	11,4	782,1	11,5
0,25;0,5]	791,3	20,2	637,2	13,6	818,9	14,0	417,1	6,1
0,5;1]	813,4	20,7	908,4	19,4	1094,8	18,8	1509,9	22,3
1;1,5]	495,4	12,6	612,5	13,1	652,9	11,2	745,0	11,0
1,5;2]	281,1	7,2	338,6	7,2	589,8	10,1	901,8	13,3
2;3]	354,9	9,1	603,4	12,9	690,9	11,9	833,4	12,3
3;4]	128,8	3,3	262,0	5,6	549,9	9,4	507,5	7,5
4;5]	10,9	0,3	197,2	4,2	282,0	4,8	334,4	4,9
5;10]	56,2	1,4	133,1	2,8	369,7	6,3	654,4	9,6
> 10	4,0	0,1	10,8	0,2	117,8	2,0	99,4	1,5
Total	3921,6	100,0	4683,1	100,0	5830,1	100,0	6785,0	100,0

Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.

Le chevreuil

En 1985, le chevreuil occupait 94 % des forêts françaises, et 99 % depuis 1995. Il est absent de Corse.

On constate en 20 ans une nette diminution de la proportion de forêts présentant de faibles densités de chevreuil, et une fréquence plus importante de classes de densités élevées.

Les densités de chevreuil estimées aux 100 hectares boisés sont cependant un indicateur moins pertinent que pour le cerf, car le chevreuil est de plus en plus fréquemment présent dans tous les types de milieux (bocages, grandes plaines, etc.).

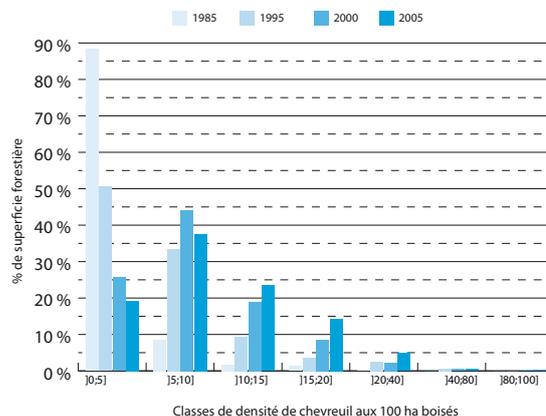


Figure 24 : Répartition de la superficie forestière occupée par le chevreuil en France (Corse exclue), selon les classes de densité aux 100 ha boisés estimées à partir du nombre d'animaux tués à la chasse.

Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.

Nota. Les enquêtes de l'ONCFS ayant lieu tous les 5 ans, les données 2010 ne sont pas disponibles pour cette édition ; elles seront cependant consultables sur le site www.oncfs.gouv.fr à la fin de l'année 2011.

Superficie forestière occupée par le chevreuil en France

Classes de densité de chevreuil	1985		1995		2000		2005	
	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt	Surface forestière occupée (1 000 ha)	% forêt
]0 ; 5]	12 568,5	88,4	7 533,6	50,5	3 823,4	25,6	2 862,3	19,2
]5 ; 10]	1 203,2	8,5	4 990,7	33,4	6 586,7	44,1	5 596,5	37,5
]10 ; 15]	236,5	1,7	1 400,5	9,4	2 824,4	18,9	3 492,4	23,4
]15 ; 20]	180,3	1,3	540,6	3,6	1 273,5	8,5	2 139,0	14,3
]20 ; 40]	32,6	0,2	368,7	2,5	326,0	2,2	733,1	4,9
]40 ; 80]	0,0	0,0	91,5	0,6	60,9	0,4	71,6	0,5
]80 ; 100]	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	0,2	30,7	0,2
Total	14 221,2	100,0	14 925,6	100,0	14 925,6	100,0	14 925,6	100,0

Source : Réseau ongulés sauvages ONCFS-FNC-FDC.