



HAL
open science

La Russie face au changement climatique et à la pollution atmosphérique : climat et environnement

Laurent Touchart

► **To cite this version:**

Laurent Touchart. La Russie face au changement climatique et à la pollution atmosphérique : climat et environnement. La Russie et le changement climatique, une nouvelle géographie du froid, L'Harmattan, pp.183-233, 2011, 978-2-296-56244-8. hal-03746369

HAL Id: hal-03746369

<https://hal.science/hal-03746369>

Submitted on 6 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Touchart L. (2011) « La Russie face au changement climatique et à la pollution atmosphérique : climat et environnement » in *La Russie et le changement climatique, une nouvelle géographie du froid*. Paris, L'Harmattan, 270 p. : pp. 183-233.

Pour HAL :

- mise en page différente de celle de l'éditeur
- ajout d'un résumé et de mots-clefs

La Russie face au changement climatique et à la pollution atmosphérique : climat et environnement

Par Laurent TOUCHART
Université d'Orléans

Résumé :

Ce chapitre d'ouvrage aborde successivement trois thèmes, d'abord la Russie face au réchauffement climatique, ensuite le problème de la pollution atmosphérique, enfin la question des énergies renouvelables en lien direct avec le climat.

Au-delà des moyennes, l'auteur étudie de façon approfondie les événements plus ponctuels, mais dont la récurrence en quatre ans est nouvelle, que furent les canicules des étés 2006 et 2010. La canicule de 2010 fut inédite par son intensité, sa durée et la taille de l'espace géographique touché. La question est ensuite posée de l'éventuel risque de dégazage du méthane par la fonte du pergélisol russe et des conséquences potentielles d'un réchauffement sur la végétation russe (notamment la remontée de la zone de taïga sur la zone de toundra) et les incendies de forêt (qui deviennent plus précoces dans la saison). Un grand développement est ensuite consacré à la place de la Russie dans les relations internationales concernant le changement climatique sous l'égide de l'ONU, la longue marche vers la ratification du protocole de Kyoto par la Russie en 2004 étant étudiée en détail, de même que la voix de la Russie dans les Conférences des Parties (COP) successives.

Les deuxième et troisième parties sont dévolues à la pollution atmosphérique des territoires russes et aux efforts de dépollution, selon un plan par changement d'échelles. Le fait que la Russie d'Europe soit plus polluée que la Russie d'Asie reste une constante. Mais, alors que, à l'époque soviétique, la pollution de l'air concernait surtout les régions industrielles lourdes, elle touche aujourd'hui plutôt les grandes villes tertiaires, car les sources principales ont changé : le poids des usines a fortement régressé, celui de la circulation automobile a nettement augmenté. L'emboîtement d'échelles se poursuit jusqu'aux quartiers urbains et le cas du microclimat de Moscou est détaillé. Les changements d'échelles structurent aussi la présentation des types de pollution : les grandes métropoles et les particules fines en suspension, la frontière ouest de la Russie et les pluies acides, les villes littorales du sud de la Russie et leur smog photochimique.

Le chapitre se clôt par une quatrième partie assez courte, qui traite de l'éolien, notamment dans l'enclave de Kaliningrad, et du photovoltaïque en Russie.

Mots clefs : changement global, réchauffement de l'Arctique, méthane dans le pergélisol, protocole de Kyoto, canicule, smog russe, photovoltaïque russe, éolien russe.

Introduction

Le climat est devenu, devant la déforestation, la perte de la biodiversité et quelques autres craintes écologiques, l'élément le plus aigu et le plus mondialisé parmi les problèmes d'environnement. Son étude se fait largement à travers la notion de risque, la présentation des événements extrêmes et de leur retour. Dans cette démarche, l'influence de l'homme sur le climat et la qualité de l'air est très souvent mise en avant. Cela ne souffre aucune discussion concernant la pollution atmosphérique ; les avis sont plus partagés quand il s'agit du changement climatique¹, *izménénié klimata* des Russes.

Au-delà du consensus scientifique mondial sur certains faits, les causes du réchauffement global se révèlent plus difficiles à démêler quant à la part naturelle et celle de l'origine humaine². En Russie, la variabilité naturelle, dite *estvestvennaïa izmentchivost*, et l'activité humaine, *déïatelnost tchélovéka*, sont assez souvent exposées de concert. En effet, selon une longue tradition scientifique russe, les recherches ont toujours été très approfondies à propos des liens entre l'activité solaire et l'évolution climatique et paléoclimatique (Zherebtsov *et al.*, 2005). Le changement climatique, dont l'étude sur la planète a été au départ lancée par les climatologues soviétiques à la suite de M.I. Boudyko³, a donc été logiquement intégré dans cette démarche sur le long terme⁴. De très nombreux travaux russes sont aussi produits sur le rôle de la croissance des activités humaines, mais, pour parler selon le jargon universitaire français des années 2000, le curseur est placé un peu plus proche de la nature et de l'activité de l'astre solaire chez les scientifiques russes, un peu plus proche de l'origine humaine chez les chercheurs d'Europe de l'Ouest. Dans la préface du volumineux ouvrage de 1 472 pages, édité en 2006 par l'Université Lomonossov de Moscou sous le titre *les changements globaux récents de l'environnement*, qui est une sorte de synthèse faisant le bilan de la pensée de la plus grande université russe, N.S. Kassimov et R.K. Klige écrivent : « Les causes des changements globaux se trouvent être tant les fluctuations naturelles qui se produisent dans le développement des phénomènes de la nature sous l'action de l'évolution de la planète Terre et de la puissante influence des facteurs héliocosmiques que l'activité croissante de l'homme. [...] Dans le même temps, de plus en plus de données scientifiques s'accumulent, conduisant de nombreux chercheurs à penser qu'il n'existe pas assez de preuves convaincantes d'une influence déterminante de l'activité humaine sur le réchauffement global du climat » (p. 14, en russe). Certaines déclarations de Vladimir Poutine, présentées en France comme des impairs ou des provocations politiques, mériteraient ainsi d'être mises en perspective dans le contexte épistémologique des recherches russes depuis le XIX^e siècle.

L'un des intérêts de l'étude de la climatologie de la Russie n'est-il pas de mieux comprendre le poids de la physique solaire et de la recherche spatiale, cosmique diraient les Russes, dans la démarche de géographie environnementale tout entière ? D'autres questions de moins grande portée émergent tout de même. Qu'est maintenant devenu le pays qui était le deuxième émetteur de gaz à effet de serre en 1990 ? Quelle influence les types de développement, les priorités politiques et les modifications de systèmes socio-économiques qu'a connus la Russie ces vingt dernières années ont-ils exercée sur les émissions de polluants et leur répartition géographique ? L'effet de l'industrie sur la pollution atmosphérique de la Russie n'est-il qu'un vestige du passé ? Les emboîtements géographiques, de la Fédération tout entière aux régions industrielles, de la grande métropole tertiaire dynamique à la petite agglomération en crise, ont-ils été bouleversés ou des constantes ont-elles assuré

¹ « Par changement climatique, le GIEC entend toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Cet usage est différent de celui de la Convention-cadre sur le changement climatique pour laquelle le changement climatique désigne un changement climatique attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui modifient la composition de l'atmosphère mondiale, et s'ajoutant à la variabilité climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables » (Solomon *et al.*, Dir., 2007, p. 2).

² « Pour certains, cette hausse [des températures] est la conséquence de l'effet urbain sur les rares longues séries ; pour d'autres, comme les astrophysiciens, elle s'inscrit dans la variabilité normale du climat liée à l'émission solaire » (Tabeaud, 2008, pp. 110-111).

³ « Les problèmes du changement climatique et de sa variabilité ont eu comme travaux pionniers ceux du climatologue russe Budyko » (Shahgadenova, 2002, p. 100).

⁴ Communication orale (août 2008) de V.A. Kovalenko, directeur scientifique à l'Institut de Physique Solaire et Terrestre de la Section de Sibérie Orientale de l'Académie des Sciences Russe, dans les locaux la Faculté de Géographie de l'Université d'Etat d'Irkoutsk, en la présence de Madame le Doyenne V.A. Argoutchintseva et de Monsieur le directeur du département de climatologie et météorologie V.K. Argoutchintsev.

une continuité spatiale ? Qu'en est-il de la nouvelle ville russe ? Quels sont maintenant les effets de la circulation automobile intra-urbaine ? La clef du réchauffement climatique de l'hémisphère nord se trouve-t-elle dans l'Arctique russe ? La Russie, grande puissance nucléaire regorgeant d'hydrocarbures et de charbon, a-t-elle intérêt à développer les énergies alternatives ? Le potentiel photovoltaïque de la Russie est-il en contradiction avec son climat ?

Il ne sera pas possible de répondre à toutes ces questions, dont certaines confinent à l'étude critique de la portée de la climatologie, à l'épistémologie de la géographie physique, à la tolérance et au respect de l'idée de l'autre. Quelques éléments de réflexion seront cependant fournis, selon une démarche de géographie environnementale, conduisant certes à des résultats beaucoup moins aboutis que ceux des géographes humains, des historiens de l'écologie et des géopoliticiens français ayant comme objet d'étude la Russie, mais qui pourrait être considérée comme complémentaire de leurs travaux.

Dans ce but, nous consacrerons une première partie aux relations entre la Russie et le réchauffement global, sans répéter tout ce qui a déjà été écrit par d'autres à ce sujet. Puis nous étudierons plus avant la pollution atmosphérique spécifique à la Fédération de Russie, en gardant une optique géographique, opposant l'Europe à la Sibérie, la ville à la vieille région industrielle, Moscou au reste du réseau urbain, distinguant les régions frontalières sous l'influence des flux de polluants venant de l'étranger, soulignant les particularités de l'extrême sud, où la pollution photochimique montre le rôle des facteurs climatiques locaux. Dans un dernier temps, nous effleurons le sujet des énergies renouvelables en Russie, du moins celles qui sont directement liées aux éléments du climat, en particulier l'éolien et le solaire.

1. La Russie et le changement global : comment juger le réchauffement du pays froid ?

La question du réchauffement global est sans doute aujourd'hui la plus polémique et la plus médiatique de celles qui touchent à l'environnement (Allègre, 2010, Huet, 2010). C'est pourquoi il est plus important encore que dans d'autres domaines de bien distinguer les faits, fondés sur les observations et les relevés météorologiques, et les causes, probables, possibles ou hypothétiques, de ce changement climatique récent. Pourtant, cela ne suffit pas. Sur ce terrain propice à la controverse, même un fait qui paraît neutre peut, intentionnellement ou involontairement, être détourné. Il suffit de le sélectionner ou non de la masse des observations ; s'il est choisi, il peut être vivement mis en avant ou simplement cité au détour d'une phrase. Et le contexte, temporel et spatial, lui donnera une certaine valeur scientifique et une saveur médiatique.

Nous pouvons prendre un premier exemple concret, pour introduire la question temporelle. Le grand géographe soviétique Léon Berg (1941, p. 17) écrivait que « depuis 1919 environ, on remarque, dans la région arctique et dans celle des toundras (et même plus au sud), une augmentation sensible de la température moyenne ». Passée inaperçue chez des générations de géographes ayant lu la traduction française de son ouvrage de référence traitant des milieux naturels de l'URSS, la citation prend, dans le contexte actuel d'une focalisation sur le réchauffement du milieu polaire, une valeur tout autre.

Afin de nous orienter vers la question spatiale, nous utiliserons un second exemple, irréel, ou surréel si l'on pense que, libéré des contraintes rationnelles, il permet de dépasser les idées reçues. Imaginons⁵ que le président français ait dit, en marge d'une conférence sur le climat : « En France, on

⁵ Dans une réalité que nous admettons, sans avoir été présent ni témoin, le président russe a prononcé la phrase suivante : « On peut souvent entendre en Russie, pour rire ou sérieusement, que la Russie est un pays du nord. S'il fait deux-trois degrés plus chaud – rien de grave. Peut-être même que c'est bien – on dépensera moins d'argent pour acheter des manteaux de fourrure et autres vêtements chauds. Les experts d'agriculture disent : la récolte des céréales augmente chez nous aussi, et continue d'augmenter, et – Dieu soit loué. Tout cela est certes bien, mais nous devrions sûrement penser à autre chose encore. Nous devons penser aux conséquences de ces modifications peut-être globales du climat. Penser, dans quelles régions nous affronterons les graves conséquences de ces modifications, où l'on aura la sécheresse, et où l'on devra lutter contre les inondations que nous affrontons ces dernières années toujours plus souvent. Quelles en seront les conséquences pour les gens qui habitent ces régions, quelles en seront les conséquences socio-économiques, écologiques » (selon la traduction du russe vers le français effectuée par le Département de l'information et de la presse du Ministère des Affaires Etrangères de la

entend souvent dire, sur le ton de la plaisanterie ou plus sérieusement, que les plages de la mer du Nord ou de la Manche sont vraiment au nord ! Si on pouvait y prendre des bains par deux ou trois degrés de plus, le changement ne serait peut-être pas bien grave et ce serait même bénéfique. Le Pas-de-Calais, la Picardie, la Normandie y gagneraient des retombées touristiques. Pourtant, nous devons assurément penser aux conséquences du changement climatique global. D'autres de nos régions, sur le pourtour méditerranéen ou encore à l'ouest, auront à affronter de graves sécheresses, d'autres encore des tempêtes et des inondations, comme cela s'est déjà produit ces dernières années ». Imaginons⁶ aussi que le président russe ait prononcé au Salon de l'agriculture de Moscou la phrase suivante : « je voudrais dire un mot de toutes ces questions d'environnement ; *khvatit* ! Je souhaite qu'on montre l'exemple, mais qu'on avance en regardant ce que font les autres parce que, sinon, il n'y aura plus d'éleveurs de porcs bientôt chez nous », tout en soulignant « les distorsions de concurrence à l'intérieur de la CEI ».

Si ces phrases fictives avaient été prononcées dans le contexte spatial imaginé ci-dessus, le traitement médiatique⁷ de ces deux événements, aurait-il été le même⁸ que celui⁹ qui a eu lieu pour les

Fédération de Russie). Le président russe prononça cette tirade le 29 septembre 2003 pendant la Conférence Mondiale sur le Changement Climatique à Moscou (*Vsémirnaïa Konfèrentsia po Izménéniou Klimata*, VKIK en russe, WCCC en anglais), non pas lors de son discours d'ouverture, mais lors d'une intervention ultérieure, en marge des réunions de cette conférence.

⁶ Dans une réalité que nous admettons, sans avoir été présent ni témoin, le président français s'est exprimé de la façon suivante au Salon de l'agriculture et dans un contexte plus large précisé par l'article du *Figaro* de Judith Waintraub du 4 mai 2010 : « le chef de l'Etat a lancé aux participants d'une table ronde organisée dans le cadre du Salon : 'je voudrais dire un mot de toutes ces questions d'environnement. Parce que, là aussi, ça commence à bien faire ! Je souhaite qu'on montre l'exemple, mais qu'on avance en regardant ce que font les autres parce que, sinon, il n'y aura plus d'éleveurs de porcs bientôt chez nous', a précisé le chef de l'Etat, en soulignant les 'distorsions de concurrence à l'intérieur de l'Europe'. Des explications passées à la trappe au profit d'un raccourci qui a mis en émoi les lobbies écologistes : 'pour Sarkozy, l'écologie, ça commence à bien faire'. La taxe carbone, autre dispositif phare du Grenelle, avait du plomb dans l'aile depuis que le Conseil constitutionnel s'était prononcé contre la dispense accordée aux industriels dans la loi votée en 2008. Le président lui a donné le coup de grâce après les régionales, fin mars, en invoquant la 'concurrence déloyale et le dumping qui menacent nos emplois'. Il a précisé qu'à la demande de la France, la Commission européenne proposerait en juin la taxation aux frontières de l'Europe des importations venues de pays 'qui rechignent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre'. Dans la majorité, le report sine die de la taxe a été salué comme une décision de sagesse ».

⁷ Les articles de 2010 sur la canicule, qui reprennent la seule première moitié de l'intervention de 2003 du président russe, sont en général véhéments. Ceux de 2003 étaient, sauf exception, plus nuancés. Parmi les articles de l'époque, on peut citer ceux de C. de Malet (2003, *Le Figaro*), N. Nougayrède (2003, *Le Monde*), H. Kempf (2003, *Le Monde*), H. Despic-Popovic (2003, *Libération*), F. Quentin (2003, *RFI*). Dans ce dernier, on peut lire : « du point de vue russe, les enjeux du réchauffement de la planète ne seraient donc pas les mêmes que pour le reste du monde. Les intérêts russes avant tout. Même si Vladimir Poutine a tout de même atténué la portée de ses propos en déclarant ensuite : 'nous devons aussi penser aux conséquences globales du changement climatique', il semble que la ratification du protocole de Kyoto par la Russie ne dépend pas en priorité des enjeux environnementaux à long terme pour l'ensemble de la planète. Ce sont bien 'les intérêts russes' qui vont primer avant tout ». La prise en compte des intérêts russes, différant la signature, est présentée comme « une fin de non-recevoir » (Nougayrède, 2003) et « un sévère coup de couteau dans ce traité » (Kempf, 2003).

⁸ Pour le discours français réel de 2010, l'article de J. Waintraub (2010) souligne que ce sont « les lobbies écologistes » qui ont fait « un raccourci » puisqu'ils ont tronqué la citation ; or l'intervention du président russe a justement été amputée de sa moitié contrebalançante par nombre d'articles de la presse française (sauf exceptions partielles comme les *Nouvelles calédoniennes* du 1^{er} octobre ou *RFI* du 30 septembre 2003). Le *Figaro* considère en revanche comme « une décision de sagesse » un autre passage des paroles françaises prononcées sur un sujet analogue. Peut-on imaginer que la seconde partie de la déclaration du président russe (si elle avait été citée en France) ait été présentée comme une décision de sagesse, puisqu'il apparaît que le président russe y prend le contre-pied de ce qui peut être compris comme des idées apparemment de bon sens dans un pays dans lequel la lutte contre le froid est un trait de civilisation, mais en fait mauvaises, que propagent parfois certains de ses concitoyens et qu'il convient maintenant au contraire de prendre de bonnes résolutions ?

⁹ Pour le discours russe réel de 2003, les présentations françaises courantes insistent sur l'idée saugrenue de la Russie, qui serait un pays habitué depuis des siècles à lutter contre le froid et aurait des intérêts particuliers à faire valoir, alors qu'elle devrait uniquement, avec abnégation, sauver la planète sans aucune autre pensée. Or l'essence même du discours du président français n'est-elle pas, justement, de s'appuyer sur les intérêts français, qui ne doivent pas être lésés par la concurrence déloyale ? Le journal hexagonal s'offusque, à juste titre, de ce que les lobbies écologistes ont tronqué la citation et ce qui a été coupé est justement la prise en compte des intérêts français. Mais il est cocasse de remarquer que le rétablissement de la citation en entier revalorise selon ce même journal la pensée du président français, car cela ajoute... exactement l'argument qui est habituellement reproché au président russe comme étant la partie la plus condamnable de son raisonnement. En outre, la phrase prononcée par le Ministre de l'environnement du Canada lors de la même conférence de Moscou de 2003, dont aucun média français n'a jamais dit un mot, ne s'appuyait-elle pas sur la particularité des pays froids et la question des spécificités nationales dans un environnement global ? Plus largement, le rôle d'un dirigeant russe, canadien ou français, n'est-il précisément pas, d'où la difficulté de la fonction, de tenter de concilier l'intérêt de son pays avec la santé de la planète tout entière ? « Nous sommes des peuples nordiques et nous devons affronter des climats extrêmement froids. Nos pays

paroles qui ont été effectivement proférées ? Ainsi peut-on se demander si, pour les Français, l'important se trouve être de juger, d'estimer scientifiquement, le réchauffement de la Russie, ou de juger, de condamner, une vision russe du réchauffement qui n'est autre que la représentation française de ce que devrait être la vision russe ? Et cette présentation médiatique est-elle sans incidence sur l'orientation du travail des chercheurs en sciences humaines et sociales¹⁰ ? Fort heureusement, les géographes sont bien placés, à l'articulation de la nature et de la société, pour apporter des propos modérés, nuancés et pragmatiques (Vigneau¹¹, 2000, Godard, 2001, Beltrando, 2004, Tabeaud, 2008, Miossec, 2010, Rossi, 2010), en s'appuyant sur les changements d'échelles pour mieux qualifier le changement climatique en fonction des différents territoires, de leurs caractéristiques, dont l'une peut être la situation nordique, de leurs cultures, dont l'une peut être la tradition ancestrale de lutter contre le froid : « en fait, le 'réchauffement climatique' [...] ne saurait d'ailleurs être entièrement négatif pour la planète et pour tous les lieux de la planète, indifféremment » (Miossec, 2010, p. 7).

1.1. Les faits physiques : une Russie plus chaude depuis vingt ans

Depuis la fin des années 1980, le réchauffement de la Russie est net, bien qu'il soit, à cette échelle deux fois décennale, moins marqué que celui de l'Europe de l'ouest et, surtout, de l'Amérique du nord. Par rapport à une norme calculée depuis 1891, les deux dernières décennies n'offrent que des moyennes annuelles situées au-dessus ; l'année 2010 a ainsi été la vingt-troisième de suite dans ce cas.

doivent également tenir compte des intérêts d'un grand nombre de régions et d'intervenants différents au moment d'établir nos priorités nationales et nos politiques » (« Notes de discours de l'honorable David Anderson, c.p., député, Ministre de l'environnement du Canada à la conférence mondiale sur les changements climatiques, Moscou, le 29 septembre 2003 », http://www.ec.gc.ca/media_archive/minister/speeches/2003/030929_s_f.htm).

¹⁰ Dans son article scientifique intitulé « la Russie et le protocole de Kyoto : une ratification en trompe-l'œil », M.-H. Mandrillon (2005b, pp. 40-41) écrit : « c'est au cours du discours d'ouverture de cette conférence que Poutine a présenté la Russie comme 'un pays froid, où quelques degrés supplémentaires permettraient de faire des économies de chauffage et de vêtements' » et cite en note infra-paginale comme source de son propos : « 'Putin Casts Doubt on the Kyoto Protocol', *Associated Press*, 29 septembre 2003 ». Dans un autre article scientifique de la même année, M.-H. Mandrillon (2005a, pp. 180-181) écrit : « en ouverture d'une conférence internationale rassemblant à Moscou, en septembre 2003, sous l'égide du G8, scientifiques, autorités politiques et économiques, responsables d'ONG venus du monde entier, représentants des différentes instances de l'ONU, le président russe a plongé l'auditoire dans la perplexité en plaisantant sur le thème de la Russie, 'pays froid où quelques degrés supplémentaires feraient faire des économies de chauffage et de vêtements...' (Associated Press, 2003) ». Nous n'avons aucun moyen de savoir si c'est l'agence de presse new-yorkaise ou le ministère russe qui a raison sur la rigueur des citations écrites entre guillemets, mais nous constatons la distorsion entre « quelques » et « deux-trois », ainsi que celle entre « chauffage » et l'absence totale d'allusion à ce sujet. Nous nous contentons de souligner les différences. Cet exemple montre aussi que la citation de la seule première moitié de l'intervention n'est pas l'apanage des médias. En revanche, un article scientifique anglo-saxon traitait exactement de la même thématique socio-politique des relations entre la Russie et Kyoto présente scrupuleusement les deux faces de la tirade : « Putin's wry observation at the conference that some say that global warming means 'we could spend less on warm coats' suggest some scepticism – but this is balanced by Putin's less widely reported follow-up remarks on the risks to people face droughts and floods » (Karas, 2004, p. 5). Enfin, nous pensons pouvoir avancer que ce n'est pas lors du discours d'ouverture que cette phrase a été prononcée : en effet, nous avons vu et écouté l'intégralité de ce discours filmé en russe (accessible sur *YouTube*), nous l'avons comparé avec le texte, en russe, du Ministère russe des affaires étrangères (qui distingue le discours d'ouverture et une autre « intervention au cours du forum », « *vystouplénié v khodé forouma* »), ainsi qu'avec le site russe de *Diplomaticheski Vestnik*. A notre connaissance, il existe aussi au moins un média français qui écrit que ce n'est pas lors du discours inaugural officiel que cette parole a été prononcée : « M. Poutine a fait une seconde intervention, improvisée, où il a présenté le pour et le contre d'une ratification russe » (*Les Nouvelles Calédoniennes* du 1^{er} octobre 2003, <http://www.lnc.nc/pays/150-associations/148662-protocole-de-kyoto-poutine-fait-un-pas-en-arriere.html>). Or un discours officiel d'ouverture et une « boutade » (Malet, 2003) à la dérobée n'engagent pas un Etat de la même manière. Cela est vrai pour les deux paroles, françaises et russes, que nous comparons. Dans les deux cas aussi, une intervention improvisée témoigne peut-être plus du fond de pensée de chacun des deux présidents et, à ce titre, il est intéressant, pour les journalistes comme pour les scientifiques, d'en analyser la signification, voire de tenter d'en interpréter le sens caché. Mais le pouvoir exécutif et le fond de pensée personnel sont, à notre avis, deux choses distinctes. La provocation et la bêtise procèdent aussi de la même opposition. En dehors du cas russe, plus généralement, la prise d'informations dans la presse par les chercheurs en sciences sociales et l'analyse critique de la presse par les chercheurs à propos du réchauffement climatique commencent à donner lieu à des études intéressantes (voir par exemple M. Bouchet-Valat, 2010).

¹¹ Certains géographes ont abordé depuis au moins une décennie la question de la présentation médiatique du changement global : « Pour tenter d'établir l'inéluctabilité du processus, puis combattre les réticences, on a appelé à la rescousse les manifestations violentes du temps [...]. Même les organes de presse d'ordinaire pondérés ont cédé à la tentation des titres catastrophistes, quitte à ce qu'ils ne correspondent pas aux éléments informatifs contenus dans les articles » (Vigneau, 2000, p. 316).

Deux années peuvent être prises en exemple, mais, dans l'hypothèse d'un changement climatique et dans le contexte d'un éventuel bouleversement en cours, il n'est aucunement possible de les présenter comme représentatives. En 2006, l'été avait été à juste titre regardé comme exceptionnel pour la Russie, mais 2010 lui a rapidement ravi la place et les questions de récurrence ne peuvent être étudiées avec si peu de recul. Les deux années possèdent cependant toutes deux la ressemblance d'avoir subi un été caniculaire précédé d'un hiver plutôt froid, si bien que leur moyenne annuelle est inférieure à celle d'années comme 2008, 2007, 2005 ou 2003. Le rythme de 2006 et de 2010 a ainsi eu un déroulement particulièrement continental. Bien que le recul manque, il semblerait que cette évolution climatique récente exerçât déjà une influence sur les milieux naturels, en particulier leur composante végétale et pédologique.

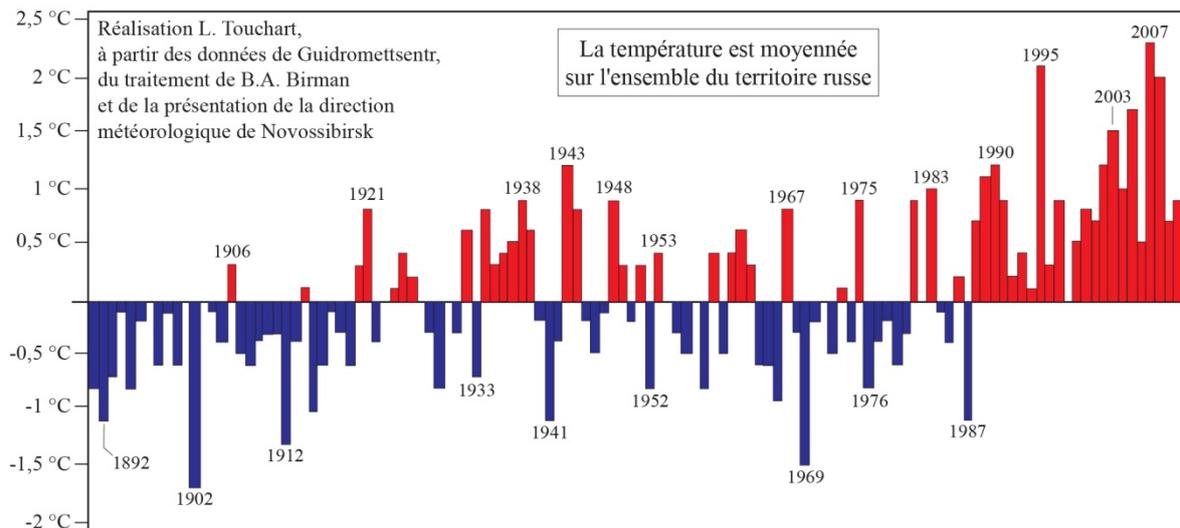


Figure 1 Les écarts de la température annuelle de la Russie à la moyenne de 1891 à 2010

1.1.1. L'année 2006 : l'été le plus chaud qui ait existé...avant l'arrivée du prochain

L'année 2006, qui était la dix-neuvième de suite ayant une moyenne annuelle au-dessus de celle calculée depuis 1891, eut un déroulement intéressant à plusieurs titres. L'anomalie positive, planimétrée sur l'ensemble du territoire russe, ne fut que de 0,5 °C, retrouvant ainsi des valeurs proches de celles de 1999 ou encore de 1993 ; le réchauffement par rapport à la norme séculaire fut donc assez faible et ce fut même l'année la moins chaude depuis 1998. L'intérêt résida donc dans le rythme des saisons et non dans la moyenne annuelle, sauf pour les régions polaires. Avant d'être largement dépassée par 2010, l'année 2006 connut l'été le plus chaud que la Russie n'ait jamais subi, du moins sur le critère de la durée influant sur les moyennes mensuelles. Mais l'hiver avait été au contraire nettement plus froid que la moyenne. L'année 2006 inaugura donc cette accentuation du contraste continental qui se répéta en 2010.

A l'échelle annuelle¹², seule la Russie polaire se distingua en 2006, comme, d'ailleurs, lors des années précédentes. Le plus fort réchauffement concerna l'archipel de François-Joseph, où l'anomalie positive dépassa 3 °C. Les autres îles arctiques d'une part, la zone de toundra du continent d'autre part, connurent des réchauffements respectivement supérieurs à 2 °C et 1 °C. La Russie tempérée resta plus proche de la norme. En Russie d'Europe, le réchauffement fut compris entre 0 et 1 °C, de même qu'en Extrême-Orient. Entre les deux, la Sibérie présenta au contraire une légère anomalie négative, tombant à des valeurs de moins 1 °C, et même un peu plus froides encore au nord de la Plaine de Sibérie Occidentale.

¹² Données Guidromettsentr.

En dehors des régions polaires, concernées par un réchauffement à toutes les saisons, le reste de la Russie se caractérisa par une exacerbation des contrastes saisonniers. Ces derniers, du fait qu'ils se compensèrent, finissent par ne plus apparaître dans la moyenne annuelle.

L'hiver 2006 fut plus froid que d'habitude. Le mois de janvier fut le plus glacial depuis 1985 et celui de février depuis 1951. Ce fut la Sibérie occidentale qui connut les refroidissements les plus nets en janvier, la Russie d'Europe en février. Ainsi, dans la plaine de l'Ob à l'est de Nijnéartovsk, l'anomalie négative de moyenne mensuelle de janvier atteignit moins 16 °C et, dans l'Oural, ce fut le troisième mois de janvier le plus froid depuis 1900. En février, l'anomalie négative se déplaça à l'ouest et, à Moscou, la moyenne de février fut de 5,6 °C en dessous de la norme, soit une moyenne absolue de moins 13,3 °C. Sur la fin de l'hiver, mars et avril furent nettement plus froids que la moyenne, mais seulement en Sibérie¹³.

A l'inverse, l'été fut excessivement chaud. Le mois de juin 2006 fut partout en Russie le plus chaud depuis que les relevés météorologiques existent. Les plus fortes anomalies positives touchèrent la Sibérie occidentale, dépassant +4 °C sur le cours de l'Ob moyen. Le mois d'août battit tous les records de chaleur, mais seulement au sud de la Russie d'Europe et de l'Extrême-Orient. Sur le piémont du Caucase, l'anomalie positive mensuelle atteignit +6 °C et les températures absolues instantanées dépassèrent plusieurs fois 40 °C dans la plupart des stations.

L'automne 2006 poursuivit les forts réchauffements de l'été et l'année 2006 se termina par un mois de décembre extraordinairement doux. A Moscou, la moyenne de décembre 2006, soit 1,2 °C, fut la plus élevée de tous les temps. Une seule autre fois, en 1960, cette moyenne mensuelle avait dépassé 0 °C. Même le mois de mars est normalement plus froid.

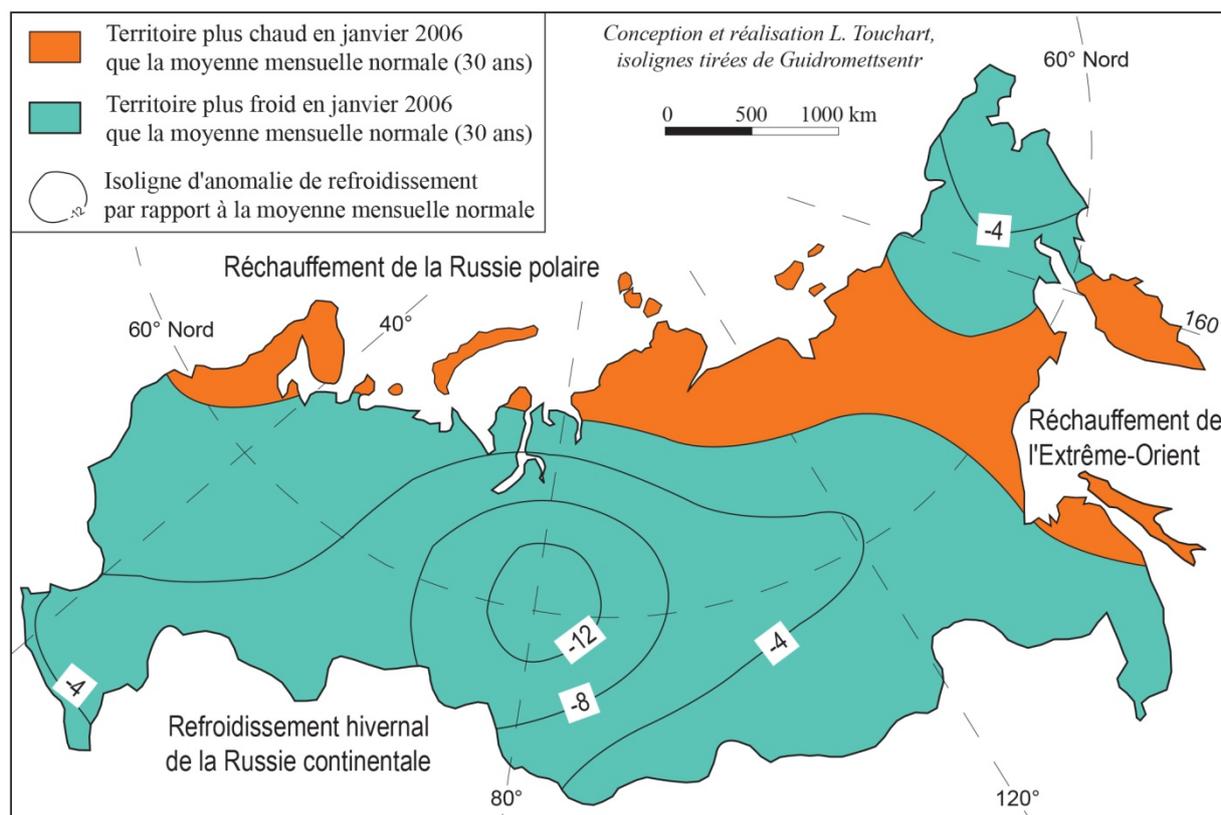


Figure 2 Les températures de janvier 2006 par rapport à la dernière normale

¹³ En Russie d'Europe, surtout au nord-ouest, dans les régions de Mourmansk et Arkhangelsk, mars fut au contraire étonnamment doux. La question de l'évolution des températures du printemps de ces vingt dernières années est complexe. Des études montrent que, quand l'hiver a été sec, le faible tapis neigeux ne prélève que très peu de calories à l'atmosphère pour fondre et peut accentuer un printemps déjà chaud pour d'autres raisons, notamment d'advection d'air allogène (Groisman *et al.*, 1994).



Photo 1 L'accentuation récente de la continentalité du climat sibérien : le cas de 2006
Cliché L. Touchart, août 2006

Certaines des dernières années laisseraient à penser que la Sibérie méridionale connaît un changement climatique rendant ses hivers plus froids et, surtout, ses étés plus chauds. L'année 2006 a présenté de telles caractéristiques, dont rien ne permet cependant de dire qu'elles sont représentatives d'une évolution à terme. Ici, le village sibérien de Polovinsky connut un été très chaud et ponctué de nombreux orages, succédant à un hiver très froid.

1.1.2. L'été 2010 : la canicule de toutes les Russies et de tous les temps

La canicule (*jara*, ou plus scientifiquement *anomalnaïa jara*) de l'été 2010 fut exceptionnelle sous trois aspects : d'abord, toutes les valeurs instantanées des maxima de température qui existaient depuis la mise en place des instruments de mesure en Russie au XIX^e siècle ont été battues, ensuite la durée de la canicule atteignit une longueur inégalée, qui fut son doute son caractère ayant les conséquences les plus graves ; enfin, sur le plan géographique au sens strict, l'espace touché fut gigantesque.

Le 29 juillet 2010, l'une des stations météorologiques de Moscou vit le thermomètre atteindre 38,2°C¹⁴. Il s'agissait, pour la capitale, de la plus haute valeur de tous les temps, c'est-à-dire... depuis trois jours, puisque la plus forte chaleur jamais mesurée l'avait déjà été le 26 juillet, dépassant lui-même un record absolu jeune de quelques jours. Avant cet été 2010, la précédente température la plus élevée datait du 7 août 1920, quand la colonne était montée jusqu'à 36,8 °C. En 2010, le pic allait beaucoup plus haut, tout en perdant sa forme pointue, puisque chaque journée, semaine après semaine, frôlait le record de tous les temps. La température moyenne quotidienne de Moscou pour un jour donné fut battue 22 fois au cours de l'été. Un plateau de valeurs exceptionnelles s'installait ainsi dans la durée.

La canicule avait débuté vers le 20 juin et elle dura jusqu'à la mi-août. Le record du nombre de jours successifs à maxima diurnes de plus de 30 °C fut pulvérisé et la température ne descendait que très peu la nuit, ce dernier point étant typique de la vraie canicule : pendant quatre jours, la

¹⁴ Les données évoquées ici ont été prises sur les sites de Rosgidromet et Guidromettsentr.

température moyenne journalière (max+min/2) fut supérieure à 30 °C, ce qui n'était jamais arrivé dans la capitale russe (Šmakin, 2010). Ce fait se manifeste bien dans la température moyenne mensuelle. Sur les trente années de 1961 à 1990, celle de juillet est de 18,0 °C à Moscou ; elle est de 18,2 °C pour la dernière normale disponible. Or celle de juillet 2010 fut précisément de 26,0 °C. Cette anomalie d'environ 8 °C au-dessus de la normale, si longue, si durable sur sept à huit semaines, ainsi visible sur les moyennes mensuelles¹⁵, non seulement celle de juillet, mais aussi celle d'août¹⁶, fut sans doute le trait le plus marquant de la canicule moscovite de 2010.



Photo 2 Moscou par 37 °C lors de la canicule de 2010
Cliché L. Touchart, juillet 2010

L'été 2010 fut celui de la plus importante canicule que la Russie n'ait jamais connue, à la fois en durée (sept semaines) et en intensité. La photographie a été prise le 26 juillet à 23 h. Quelques heures auparavant, la température de 37,2 °C avait été mesurée, la plus haute jamais observée à Moscou, avant d'être battue trois jours plus tard.

Ces très fortes chaleurs étaient en outre accompagnées d'une absence de précipitations. Elles furent de 13 mm pour l'ensemble du mois de juillet 2010 à Moscou¹⁷, contre 94 mm pour la normale de 1961 à 1990 (74 mm pour la normale de 1931 à 1960). Les incendies qui entouraient Moscou du fait de la sécheresse eurent eux-mêmes une action de réchauffement des minima, freinant les pertes par rayonnement nocturne, s'ajoutant au fait climatique direct.

Au-delà de Moscou, plusieurs stations russes enregistrèrent des maxima supérieurs à 40 °C. Pour les villes millionnaires, la valeur la plus élevée fut enregistrée à Volgograd, qui marqua 41,1 °C le 1^{er} août¹⁸. Dans la plaine Caspienne, le record absolu de tous les temps pour une station météorologique russe fut battu en Kalmoukie, où le village d'Outta¹⁹registra le 12 juillet 45,4 °C. Le refroidissement nocturne était presque inexistant et, dans la grande ville de Saratov, la température moyenne journalière du 1^{er} août fut de 34 °C (Šmakin, 2010). Et la canicule dura aussi, comme à

¹⁵ Pour comparaison, lors de la terrible canicule de 2003 en France, la moyenne mensuelle d'août fut de 4,6 °C plus élevée que la normale de 1971 à 2000 (moyenne de trente stations choisies par Météofrance comme représentatives de l'ensemble du pays). A Paris-Montsouris précisément, la moyenne mensuelle d'août fut de 24,4 °C contre 20,0 °C pour la normale de 1971 à 2000, soit une anomalie de 4,4 °C.

¹⁶ Après l'anomalie mensuelle de +7,8 °C de juillet, celle d'août fut de +5,5 °C (21,9 °C pour une normale de 16,4 °C).

¹⁷ Soit le deuxième mois de juillet le plus sec de l'histoire de la capitale après celui de 1997.

¹⁸ Ce fut d'ailleurs l'oblast de Volgograd qui présenta les plus forts chiffres de surmortalité de toute la Russie, montant à 75,2 % en août 2010 (données Rosstat, publiées en octobre 2010).

¹⁹ La localité est située sur la grand'route qui relie Elista à Astrakhan, par 46°21' N et 46°00' E.

Moscou, près de deux mois dans toutes ces régions cisouraliennes. A Astrakhan, la moyenne mensuelle de juillet 2010 fut de 29,1 °C, soit 4 °C au-dessus de la normale. C'est que la troisième originalité fut l'ampleur géographique du phénomène. Pratiquement toute la Russie d'Europe fut touchée, sur environ trois millions de kilomètres carrés, du Caucase²⁰ à la Carélie, de la frontière ukrainienne à la Volga et au piémont occidental du Caucase. Dans un contexte climatique différent, l'Extrême-Orient Russe et une partie de la Sibérie orientale eurent aussi un été nettement plus chaud que la moyenne, si bien que le pays tout entier eut l'impression presque simultanée d'une entrée dans un monde saharien, malgré un été un peu plus froid que la moyenne en Sibérie occidentale.

Les causes physiques furent assez classiques²¹ dans le principe même du phénomène climatique. Un anticyclone, puissant et épais, s'était installé sur l'Europe de l'Est. Il épousait une ondulation (*izloutchina*) du courant-jet d'altitude, le *vyssotnoé strouïnoé tétchénié* des Russes, qui amenait ainsi une bulle d'air tropical continental sur la Russie occidentale. Cet anticyclone d'origine dynamique prenait toute l'épaisseur de la troposphère, comme habituellement quand une grande ondulation vers le nord déporte le courant-jet et lui fait rejeter son air subsident, chaud, sec, sur sa droite, si bien que la chaleur était accompagnée de sécheresse. Ce qui fut exceptionnel et reste moins explicable fut la durée du phénomène. Alors que cet événement ne tient généralement que quelques jours pour laisser place à une circulation libre, beaucoup plus rarement une à deux semaines, cet anticyclone est resté stable sur le territoire de la Russie d'Europe du 20 juin à la mi-août, figeant la position d'une masse d'air tropical continental. Il s'agissait d'une situation atmosphérique de blocage ou, comme disent les Russes, d'arrêt, de « rétention de l'anticyclone » (*zaderjka antitsyklona*²²).

En tant que catastrophe ponctuelle, la canicule de 2010 a eu de graves conséquences directes, différentes de celles liées à la récurrence potentielle des canicules en Russie et à la tendance réelle au réchauffement moyen des dernières décennies. C'est pourquoi nous séparons ces deux échelles de temps dans notre plan. D'ailleurs le premier article scientifique américain (Dole *et al.*, 2011) paru sur la canicule russe de l'été 2010 insiste sur la dissociation entre la variabilité naturelle du climat, à laquelle il faudrait imputer la vague de chaleur qui a touché la Russie, et le réchauffement global d'origine anthropique, qui ne serait pas prioritairement en cause ici. Pour autant, il ne faut exclure la multiplication des « méga-canicules²³ » (Barriopedro *et al.*, 2011) et des situations de blocage ; et il convient de rester très prudent quant aux liens complexes de cause à effet, tant que de nombreuses autres études scientifiques n'auront pas été publiées²⁴.

Les conséquences en terme de décès ont malheureusement, d'après les premiers chiffres²⁵, été conformes aux importantes surmortalités connues partout où des canicules surviennent : en juillet 2010, la surmortalité aurait été d'environ 50 % à Moscou²⁶. A l'échelle de l'ensemble de la Russie et

²⁰ Même en Transcaucasie, dans la ville de Sochi, la température fut encore nettement supérieure à la normale. Ainsi, de juin à septembre 2010, les quatre moyennes mensuelles furent respectivement de 3,5 °C, 2,9 °C, 4,1 °C et 3,2 °C plus élevées que la normale : 23,5 °C en juin, 25,8 °C en juillet, 27,0 °C en août et 23,1 °C en septembre 2010 contre 20,0 °C, 22,9 °C, 22,9 °C et 19,9 °C pour la moyenne décennale de 1977 à 1987.

²¹ D'une manière générale, « les situations anticycloniques stables et persistantes sont aussi à l'origine des vagues de chaleur et ces épisodes souvent associés à un déficit en eau atmosphérique et à de forts taux de pollution atmosphérique » (Beltrando, 2004, p. 205).

²² Voir l'article en ligne « Jara-2010 » du climatologue Andreï Borissovitch Chmakine sur le site de l'Institut de Géographie de l'Académie des Sciences de Russie.

²³ Une modélisation conduite par une équipe internationale dirigée par le Portugal écrit que les méga-vagues de chaleur pourraient se multiplier dans un facteur de 5 à 10 dans les 40 prochaines années, tout en admettant que la canicule russe de l'été 2010 a été si exceptionnelle qu'il semble impossible qu'elle se reproduise au XXI^e siècle (Barriopedro *et al.*, 2011).

²⁴ « Même si la part contributive du changement climatique dans la canicule ne peut pas être précisément déterminée, en admettant que celui-ci ait existé, il a joué dans l'explication de l'intensité de cette canicule un rôle beaucoup plus faible que les processus météorologiques qui se produisent naturellement » (Dole *et al.*, 2011, en anglais).

²⁵ Le présent ouvrage était déjà écrit quand la canicule de 2010 est survenue. Laissant pendant quelque temps la construction des figures et illustrations qui devait nous prendre les derniers mois avant l'édition, nous avons décidé d'ajouter un développement sur ce phénomène exceptionnel. Cependant, le recul manque et ce sujet devra être analysé plus en profondeur dans des publications ultérieures.

²⁶ Dans son article du journal *Le Monde* du 24 août 2010, Marie Jégo écrit : « 5 840 Moscovites sont morts en juillet, soit 50 % de plus que la moyenne, selon un bilan communiqué, mardi 17 août, par Boris Revitch, démographe et chercheur en écologie à l'Académie des sciences de Russie. Il citait un rapport des services d'état civil de Moscou ». Ajoutons que de nombreux journaux français ont repris « le doublement » (100 %) de la mortalité à Moscou à partir d'une dépêche de Reuters, qui indiquait que le responsable des services de santé de Moscou A. Seltsovski avait annoncé un nombre de décès de 700 par

pour la totalité des mois d'été, le bilan serait d'une surmortalité absolue de 55 800 personnes, par rapport à l'été précédent, selon un rapport du Ministère russe de la Santé publique et du Développement social (cité par une dépêche de Ria Novosti du 26 octobre 2010). Ce chiffre a été confirmé par Rosstat²⁷, fixant à 55 736 la surmortalité sur le territoire russe pour l'ensemble de juillet et août 2010.

Pour comparaison²⁸, le programme européen « Canicule », coordonné par l'Inserm, a finalement fixé, en 2007, la surmortalité de la canicule de 2003 à 70 000 décès supplémentaires en Europe, dont 19 490 pour la France pour l'ensemble de l'été. G. Beltrando (2004, pp. 205-206) donnait 11 435 décès de plus que la normale pour la première quinzaine d'août 2003 en France, le cœur des fortes chaleurs s'étant produit du 4 au 12 août, soit 55% de surmortalité. Le même auteur cite une surmortalité de 150 % pour les quatre jours de la canicule de la même année à Chicago, et de 96 % pour celle de la troisième décennie de juillet 1983 à Athènes (4 093 décès contre 2 083 en moyenne, soit 2 010 décès en plus de la normale).

Outre l'irréparable conséquence des morts, la canicule russe de 2010 a eu des effets néfastes sur la santé, l'environnement et l'économie²⁹. La pollution atmosphérique, surtout à Moscou, plaquée au sol par l'anticyclone, et les poussières provenant des incendies ont indisposé de nombreuses

jour, contre 360 à 380 habituellement. Cependant, le nombre de jours pendant lequel cette proportion aurait existé n'est pas cité. En fait, ce fut en août que la surmortalité fut la plus importante. En octobre 2010, l'organisme statistique officiel d'Etat Rosstat a publié un chiffre de surmortalité à Moscou de 68,6 % pour le mois d'août.

²⁷ Repris par une dépêche en ligne de *Sciences et Avenir* du 8 octobre 2010.

²⁸ Pour une analyse sociale, et non seulement chiffrée, plus approfondie, du cas français, avec lequel une comparaison intéressante pourrait être faite, il convient de se référer à l'ouvrage de V. Collet (2005).

²⁹ On ne peut en revanche qu'être confondu par le traitement médiatique dominant en France pendant l'été 2010, qui plaça l'effet majeur, ou pour mieux dire, le plus digne d'intérêt, de la canicule que subissait alors la Russie dans l'éventuelle baisse de popularité que pourraient connaître les dirigeants russes. Et, au cas où cela ne se produirait pas là-bas, il fallait au moins accuser ici le premier ministre d'être le grand responsable de la chaleur de la Russie et de tous les maux passés et à venir de la planète tout entière. Le premier paragraphe de l'article de référence du journal de référence mérite d'être cité *in-extenso* : « Quelles conséquences vont avoir sur la Russie la canicule et les incendies qui, en juillet et en août, ont ravagé 200 000 hectares de forêts, anéanti un tiers de la récolte de céréales et laissé 2000 personnes sans domicile ? Si le coût économique de la catastrophe a été estimé à 14 milliards de dollars (11 milliards d'euros) – 1% du PIB –, son coût politique s'annonce inexistant : la popularité du tandem Poutine (47% d'opinions favorables)-Medvedev (39%) est inoxydable » (Jégo, 2010). La déception manifeste du rêve français inassouvi, qui a l'honnêteté de ne pas s'encombrer d'une feinte compassion envers les victimes, introduit le reste du développement, consacré à des tirades dont le rapport direct avec la canicule laisse perplexe : « l'ancien officier du KGB, aujourd'hui premier ministre, [...] Vladimir Poutine, qui gère le pays comme une caserne ». Fort heureusement, sans doute par lucidité, les articles du même journal sur les incendies de forêt aux portes de Los Angeles n'ont pas eu comme fil-directeur la manière dont G. Bush avait évité dans sa jeunesse de participer à la guerre du Vietnam ou le nombre de morts provoqué par l'installation de casernes américaines en Irak, ni même, d'ailleurs, le retrait des Etats-Unis du Protocole de Kyoto. La mécanique de façonnement des esprits français apparaît plus clairement encore, si le style est plus crû : c'est le cas d'un article du *Télégramme* (de Morlaix), intitulé « Incendies en Russie, le 'Tchernobyl' de Poutine ? », les deux sous-titres étant « la verticale en question » et « haro sur le Premier ministre ». Bien que le ressort de la pensée soit exactement le même que celui de la première citation, ce second exemple, plus direct, autorise à frémir à l'idée de remplacer le nom du premier ministre de la Russie par celui de la France et l'année caniculaire 2010 par 2003, ou bien d'intituler un article sur les terribles incendies de Californie de 2007 « le 'Bhopal' de Bush ». Les premières phrases de l'article de Nathalie Ouvaroff (2010) requièrent, pour leur caractère banalement représentatif et non pas exceptionnel, d'être citées *in-extenso* : « En 1986, l'explosion de Tchernobyl révélait les failles béantes du communisme. Sans aller aussi loin, les incendies en Russie, témoignage éclatant de l'incurie et de la corruption des élites, risquent de constituer un tournant dans la vie politique du pays. Alors que le front des incendies régresse progressivement, politologues et experts tentent d'évaluer les conséquences et de mesurer l'impact de la catastrophe écologique que vient de connaître la Russie sur le système Poutine et surtout sur la survie politique du tandem qui tient les rênes du pays ». Enfin, il convenait d'être très habitué à être français pour comprendre que, le 7 août, le titre du *Journal du Dimanche* « la faillite du système Poutine » coiffait un article consacré à la canicule en Russie. Les quatre premières phrases en étaient : « Et si Vladimir Poutine était en partie responsable des incendies qui ravagent la Russie ? Malgré des températures anormalement élevées et des incendies de forêt exceptionnellement violents depuis le début de l'été, les autorités et le gouvernement ont, en tout cas, été pris totalement au dépourvu. Aucune mesure préventive n'a été envisagée pour anticiper les dégâts, protéger les hommes et les arbres, se préparer au pire. L'ampleur de la catastrophe naturelle qui s'abat sur la Russie témoigne d'une faillite de tout le système mis en place par l'actuel Premier ministre » (V.T., 2010, « La faillite du système Poutine », <http://www.lejdd.fr>, consulté en février 2011 en tant qu'article numéro 212361 dans la rubrique International/Europe/). Par chance et fort justement, aucun article écrit à chaud sur le séisme, le tsunami et l'accident nucléaire de mars 2011 au nord-est de Honshu n'a été intitulé « la faillite du système Kan ». Il n'y eut qu'en dehors du système conventionnel que quelques voix s'élevèrent contre ce traitement médiatique réservé à la Russie (Natowicz, 2010, Latsa, 2010).

personnes. En dehors des villes, les feux eux-mêmes ont blessé plusieurs centaines d'individus dans le pays. Sur le plan environnemental, les incendies n'ont pas détruit, à l'échelle du pays, des surfaces forestières sensiblement plus élevées que lors d'une année normale, mais ont attaqué de nouvelles régions, tourbeuses et marécageuses, habituellement peu touchées. Enfin, outre des problèmes de retard, d'arrêt ou d'annulation de transport, et de dégâts de fissuration dans un certain nombre de bâtiments, les dommages économiques ont concerné avant tout la destruction d'une part significative des récoltes de céréales et de quelques autres cultures (Billette, 2010).

Ces conséquences ponctuelles, immédiates, de la canicule de 2010 sont à différencier de l'influence plus durable du réchauffement des deux dernières décennies.

1.1.3. Par ou pour le changement climatique, les écosystèmes russes sont-ils menacés ou menaçants ?

1.1.3.1. L'effet de serre mondial peut-il s'accroître par la fonte du pergélisol russe ?

Ces dernières décennies, le pergélisol planétaire a tendance à fondre ou se rétracter, et celui de Russie, la *vetchnaïa merzlota*, subit la même tendance. Par exemple, en Yakoutie, certains géographes français étudient précisément l'accroissement de l'érosion fluviale de la Léna dans un contexte de pergélisol fragilisé (Gautier *et al.*, 2000, 2003, Costard et Gautier, 2007) et en attribuent la cause au réchauffement global³⁰ (Costard *et al.*, 2007). Au nord de la Sibérie occidentale, les géographes russes ont moyenné les mesures d'épaississement de la couche active, celle qui dégèle chaque été, entre 1975 et 1995, pour arriver à une valeur de 0,8 cm par an (Koniščev, 2006).



Photo 3 Effet de serre et fonte du pergélisol

Cliché V.E. Toumskoï

Le sous-sol gelé en permanence, vetchnaïa merzlota, pourrait fondre sous l'influence du réchauffement. Selon certaines théories, une fonte généralisée du pergélisol dégagerait de grandes quantités de méthane dans l'atmosphère, qui accroîtraient l'effet de serre. Cependant, l'essentiel des hydrates de méthane se trouve à de grandes profondeurs. Les estimations de dégazage à partir de nappes superficielles restent hypothétiques. Ce pergélisol, qui cimente un limon loessique de la presque île de Byskov près de Tiksi (baie Bour-Khaïa), est attaqué en falaise par la mer des Laptiov.

Or, selon certaines théories, la fonte du pergélisol serait susceptible de libérer des gaz à effet de serre jusqu'à présent emprisonnés dans la glace du sous-sol. Celle-ci renferme en effet des hydrates de méthane. Il y a plusieurs milliers d'années, le méthane s'est formé de façon naturelle par la décomposition de matières organiques dans des conditions anaérobies. Ce gaz s'est combiné avec

³⁰ Costard F., Gautier E., Brunstein D., Hammadi J., Fedorov A., Yang D., Dupeyrat L., 2007, « Impact of the global warming on the fluvial thermal erosion over the Lena River in Central Siberia » *Geophysical Research Letters*, 34.

l'eau, qui, à l'état de glace, a figé l'ensemble en hydrates de méthane. Le danger viendrait d'un éventuel principe cumulatif : le réchauffement fait fondre la *merzlota*, qui dégage du méthane, lequel accroît l'effet de serre dans l'atmosphère, qui augmente à son tour le réchauffement global. Le phénomène s'emballerait ainsi de lui-même.

En termes de risque, tout dépend des quantités de méthane concernées. Or les recherches scientifiques à ce sujet sont récentes et, pour l'instant, peuvent donner lieu à des interprétations très différentes selon les estimations du volume de méthane. Si ces dernières commencent à s'affiner pour ce qui est du total gazeux contenu dans le pergélisol, la marge d'erreur reste en revanche grande quant à la localisation du méthane disponible à court terme.

C'est pourquoi il est d'autant plus important de connaître l'histoire des différentes théories et avancées scientifiques en ce domaine. Or il se trouve que les chercheurs russes ont justement été les pionniers à ce sujet. Ce fut en effet lors de recherches en Yakoutie menées dans les années 1960 par une équipe de géologues et d'ingénieurs que V.G. Vassiliev, Youri Makogon, F.A. Trébine, A.A. Trofimouk et N.V. Tcherski découvrirent la présence naturelle d'hydrates de méthane dans le pergélisol (Vasil'ev *et al.*, 1970³¹). Cette découverte montrait l'existence dans le sous-sol gelé de gaz naturels « à l'état solide » (*v tvjordom sostoïanii*), qui, à l'époque, attirèrent l'attention des autorités soviétiques en vue d'une possible exploitation. Jusqu'à la chute de l'URSS, les recherches russes furent importantes dans ce domaine et l'ouvrage fondamental de V.A. Istomine et V.S. Yakouchev en fit le bilan complet en 1992.

Pendant le premier quart de siècle succédant à la découverte de V.G. Vassiliev, il parut surtout évident que les gaz sous forme solide se trouvaient dans les parties les plus profondes du pergélisol. Pour des raisons physiques, il ne pouvait en être autrement, du moins dans des conditions normales de gisement. Quand, à partir des années 1990, les recherches scientifiques mondiales se concentrèrent avant tout, dans le domaine environnemental, sur le réchauffement climatique et l'effet de serre, il sembla d'abord que la fonte du pergélisol en surface, matérialisée par l'épaississement de l'activité saisonnière du mollisol, ne pouvait pas atteindre avant longtemps des réserves de méthane si profondément enfouies³².

Cependant, des recherches paléoclimatiques, notamment anglo-saxonnes, sur d'éventuels dégazages qui auraient pu avoir lieu lors de réchauffements anciens, ainsi que l'expérience pragmatique des nombreux forages russes dans la *merzlota* en lien avec l'exploitation des hydrocarbures, en particulier au nord de la Plaine de Sibérie Occidentale, permirent d'émettre de nouvelles hypothèses, et aussi de prouver partiellement que du méthane était prisonnier de parties peu profondes ou superficielles du pergélisol. Des nappes de gaz se trouvent en effet entre des couches glacées de subsurface, sans doute remontées du pergélisol profond à la faveur de fractures (Pissart, 2006). La localisation de ces nappes, parfois peu éloignée du toit de la *vetchnaïa merzlota*, les rend vulnérables à un dégagement en cas de fonte un peu plus forte qu'aujourd'hui, qu'un réchauffement à assez court terme serait susceptible de provoquer. Dans ce cas, le risque catalyseur existerait, mais dépend des quantités concernées. Or, contrairement à l'estimation totale du méthane contenu dans le pergélisol, qui est sans doute assez juste, car l'extrapolation ne pose pas de très grande difficulté, la quantification de son seul volume superficiel est très complexe, puisque son existence est accidentelle. Certes, le grand spécialiste russe V.S. Yakouchev a proposé une toute première évaluation chiffrée, réalisée à partir d'études menées à l'extrême nord de la plaine de l'Ob, dans le pergélisol foré par l'exploitation des hydrocarbures (Yakushev et Chuvilin, 2002). Mais il semble difficile d'extrapoler à partir d'un cas.

³¹ Nous citons dans la bibliographie de fin de volume les références exactes de cet article russe de 1970, qui fut diffusé à l'international. Mais il avait été précédé de l'écriture d'un ouvrage publié à Yakoutsk en 1961 par les mêmes auteurs : Vasil'ev V.G., Makogon Yu.F., Trebin, F.A., Trofimuk A.A., Čerskij N.V., 1961, *Osnovnye čerty geologičeskogo stroeniija i perspektivy neftegazonosti Vostočnoj Jakutii*.

³² « Les hydrates ne peuvent exister qu'à une profondeur de l'ordre de 200 m lorsque la température moyenne annuelle est de -10 °C, et à la profondeur de 130 m environ lorsque la température est de -20 °C. Etant donné que le réchauffement se transmet très lentement en profondeur, c'est seulement dans plusieurs siècles que du méthane pourrait être libéré à la suite de la dissociation des hydrates qui se trouvent normalement à plus de 100 mètres de profondeur » (Pissart, 2006, pp. 13-14).

Puisque le volume du méthane contenu dans le pergélisol non profond reste assez peu connu et sujet à une grande marge d'erreur, l'influence du réchauffement et de la fonte sur le dégazage donne lieu à des interprétations diverses, certaines alarmistes, notamment depuis les écrits d'E.G. Nisbet (2002), d'autres rassurantes³³. Il convient de reconnaître que la question est très complexe, car, si on peut appuyer son attention sur les éventuels effets cumulatifs, on peut aussi, à l'inverse, noter que certaines rétro-actions sont possibles. Ainsi, D. Block et *al.* (2009) ont étudié l'influence du réchauffement climatique sur la toundra. Celle-ci a tendance à s'épaissir et à se couvrir de plus d'arbustes, comme ils l'ont en particulier montré pour le Bouleau nain. Et, en retour, cette couverture végétale tend à mieux protéger la couche active du dégel. Ce rôle complexe de la végétation ne doit pas masquer les menaces directes que le réchauffement global fait éventuellement peser sur elle, en particulier le risque d'incendie.

1.1.3.2. Feux de forêts et modifications des milieux végétaux

Dans la perspective du changement global, une lecture peut être faite des différentes modifications du couvert végétal de la Russie, en particulier sur les franges de contact de la vaste ceinture forestière du pays, au nord, entre la taïga et la toundra, dans l'écotone de la toundra boisée, au sud, entre la forêt et la steppe, voire le semi-désert.

Ces dernières décennies ont permis d'observer la montée de la taïga en latitude, et, en Sibérie orientale et en Extrême-Orient, en altitude. La migration vers le nord concerne tout l'hémisphère, comme l'a observée M. Sturm (2010) grâce à la comparaison de photographies aériennes d'il y a quarante ans et d'images satellitaires actuelles, s'appuyant avant tout sur le Canada et l'Alaska et extrapolant un certain nombre d'éléments à la Russie.

En se repliant, la toundra se couvre de plus en plus d'arbustes et cela est particulièrement manifeste dans la toundra de montagne du nord-est de la Sibérie. La taïga semble quant à elle de plus en plus sèche et tendrait à voir sa biomasse diminuer, bien que les contre-exemples soient nombreux et bien qu'il ne faille pas assimiler l'ensemble de la forêt boréale russe à la seule Yakoutie où ce phénomène est le plus manifeste. La taïga paraît aussi plus sensible aux maladies et aux attaques par les insectes, notamment, encore une fois, en Yakoutie. Mais, dans de nombreuses régions russes, où le déficit thermique est un problème habituel, le changement climatique apporterait au contraire une amélioration du potentiel biogéographique, comme tendent à le quantifier les travaux de E.K. Zoidzé et ses collaborateurs (2010).

La question des incendies de forêt est particulièrement complexe, car il est très difficile de bloquer la seule variable du réchauffement global dans un domaine où l'action de l'homme est primordiale, par la gestion forestière, les modifications des structures et du personnel de surveillance, les négligences des citoyens et des villageois... Nous renvoyons le lecteur au passage écrit à ce sujet dans notre premier tome³⁴. Le rôle du réchauffement climatique à proprement parler, qu'il est malaisé d'estimer et d'isoler, pourrait être d'accroître le risque des incendies de forêt précoces, lesquels commenceraient de plus en plus tôt dans la saison. Il n'est pas exclu non plus que l'observation de feux dans des régions jusqu'alors plutôt épargnées puisse être reliée au réchauffement global. Marie-Hélène Mandrillon (2010, p. 64) écrit ainsi que « depuis une vingtaine d'années, les incendies touchent des régions de plus en plus septentrionales, tels la Yakoutie, au Nord-Est de la Sibérie, et le Kamtchatka, en Extrême-Orient ».

³³ On peut opposer par exemple les deux citations suivantes. « Le risque de dégagement du méthane accumulé dans les hydrates est sans aucun doute le risque climatique le plus grave pour l'humanité » (Pissart, 2006, p. 15). « Actuellement, la production de méthane reprend dans les tourbières dégelées, mais le risque de dégazage d'hydrates en provenance du pergélisol est quasi-inexistant » (Van Vliet-Lanoe, non daté, consulté le 20 février 2011, « Le pergélisol, ou permafrost », Institut polaire français Paul-Émile Victor, http://www.institut-polaire.fr/ipev/documents/le_pergelisol_ou_permafrost).

³⁴ Touchart L., 2010, « La sécheresse et les feux de taïga » in *Les milieux naturels de la Russie*. Paris, L'Harmattan, 460 p. : 178-188.



*Photo 4 Réchauffement global et lutte contre les incendies de forêt : le cas des bombardiers d'eau
Cliché L. Touchart, août 2010*

Il est possible qu'il existe un lien entre le réchauffement climatique et l'accroissement des feux de taïga, bien qu'il soit difficile de distinguer les causes humaines et physiques. La Russie est un grand constructeur de bombardiers d'eau pour lutter contre les incendies de forêt. Le principal de ces avions est le Bériev-200, conçu et fabriqué dans les usines de Taganrog et d'Irkoutsk. La photographie est prise devant l'entrée l'Usine d'Aviation d'Irkoutsk (IAZ).



*Photo 5 Les feux de forêt touchent-ils plus de régions qu'avant ?
Cliché L. Touchart, août 2010*

Certains auteurs émettent l'hypothèse que les incendies de taïga sont de plus en plus précoces dans la saison et touchent de nouvelles régions, plus septentrionales ou plus montagnardes, en lien avec le réchauffement global. Ici, dans le village sibérien de Khoujir, où la sécheresse climatique a toujours été grande, une pancarte met en garde contre le fait que les feux de forêt brûlent aussi les villages.

La frange de contact méridionale, entre la forêt et la steppe, maintenant étudiée à travers le prisme du changement climatique, pose problème depuis longtemps à la Russie sous la forme d'une montée en latitude de milieux semi-arides, provoquant une désertification de certaines régions. Là encore, il est difficile de débrouiller les causes climatiques et l'action du pâturage ou de certaines techniques d'irrigation plus ou moins bien maîtrisées. Les géographes russes utilisent certaines plantes comme marqueurs appropriés pour démêler l'écheveau (Gunin et Mikljaeva, 2006).

1.2. La Russie, les relations internationales et le protocole de Kyoto

En juin 1992, quand, au Sommet de Rio, l'ONU proposa sa convention-cadre sur les changements climatiques, l'URSS de Mikhaïl Gorbatchév, qui avait fait de l'écologie l'un des piliers de la perestroïka, avait disparu depuis six mois. La Russie de Boris Eltsine signa alors ce document, la RKIK³⁵, comme la plupart des pays du monde. Et la Douma la ratifia le 14 octobre 1994. La RKIK ne réclamait d'autre engagement que de remettre les questions concrètes à plus tard, lors des conférences des parties annuelles, les *konférentsii storon*. A partir de 1995, la Russie participa chaque année aux négociations qui devaient aboutir à un échéancier de mesures pragmatiques destinées à stabiliser les concentrations des gaz à effet de serre, les *parnikovyé gazy*, dans l'atmosphère.

La plus importante des conférences des parties fut celle de Kyoto en 1997. Le protocole issu de cette réunion fournissait pour la première fois des données chiffrées concernant la Russie et les 37 autres pays industriels, dits de l'annexe I, de la planète. Il était proposé aux Etats industriels de réduire leurs émissions de gaz carbonique de 5,2 % entre un point de départ rétroactif calculé en 1990 et une échéance courant entre 2008 et 2012. La situation de 1990 prenait les émissions de gaz de la République Socialiste Fédérative Soviétique de Russie, qui était au 2^e rang mondial, derrière les Etats-Unis et devant le Japon et l'Allemagne. A l'intérieur d'une réduction globale de 5,2 %, la Russie négocia un 0 %, exactement comme la France. Pendant ce temps, l'Allemagne s'engageait sur une diminution de 21 %, les Etats-Unis une baisse de 7 %, l'Espagne une hausse de 15 %, chacun ayant évidemment le droit de faire mieux que cette limite.

Il était prévu que le texte de Kyoto n'entrât en vigueur qu'à partir de deux seuils minima, d'une part un nombre de pays signataires ratifiant le protocole dans leur parlement supérieur à 55, d'autre part le fait que les pays l'ayant ratifié représentent un pourcentage d'émissions supérieur à 55 % du total des pays développés. Si la première condition fut vite satisfaite, ce ne fut pas le cas de la seconde et la Russie fut au cœur de cette attente et, surtout, de son dénouement. En effet, les deux premiers émetteurs mondiaux représentaient à eux seuls plus de 45 % du total mondial des pays industriels, la Russie étant responsable d'un peu moins de la moitié des rejets des Etats-Unis. Cela signifiait qu'un refus des deux, ensemble, bloquait le protocole de Kyoto. Or les Etats-Unis annoncèrent en 2001 leur refus catégorique de signer et leur sortie des négociations. A cette date, le sort climatique de la planète tomba donc aux mains de la Russie, qui continuait de réfléchir à sa décision.

En 2001, la situation était alors la suivante. L'Amérique du Nord avait augmenté ses émissions de gaz de manière considérable³⁶, l'Europe méditerranéenne et le Japon avaient accru sensiblement leurs rejets, l'Europe de l'ouest avait commencé une baisse notable, l'Europe de l'Est³⁷ et la Russie avaient très fortement diminué leurs émissions. Les Etats-Unis, qui avaient augmenté entre 1990 et 2001 leurs rejets de 20,3 % alors qu'ils devaient les diminuer de 7 % d'ici à 2008, émettaient alors à eux seuls 36 % du total des pays industriels. Leur sortie des négociations plaçait la Russie dans une place de choix.

³⁵ En russe, c'est la *ramotchnaïa konventsia ob izménéniï klimata*, parfois abrégée en RKIK.

³⁶ Augmentation des rejets de 20,3 % par les Etats-Unis et de 36,5 % par le Canada entre 1990 et 2001.

³⁷ Nous ne pouvons être tout à fait d'accord avec M.-H. Mandrillon (2005b, p. 46), quand elle écrit : « la Russie dispose d'un statut exceptionnel dans la mesure où, deuxième émetteur de gaz à effet de serre, elle ne se voit imposer aucune contrainte autre que celle de ne pas dépasser le niveau d'émission qui était celui de l'URSS en 1990. Cela tient pour l'essentiel à l'usage qu'elle fait de l'héritage du statut de grande puissance de l'URSS. Cette ressource est exploitée ». Les autres républiques issues de l'URSS ayant le statut de pays industriel, ainsi que tous les Etats de l'Europe de l'Est entrés ensuite dans l'Union européenne, ont vu leurs émissions chuter, la Russie ne calculant sa baisse de 1990 à 2001 (moins 47,7 %) que par rapport à l'ancienne RSFSR et ne se trouvant ni plus ni moins que dans la moyenne (moins 55,5 % pour l'Ukraine, moins 37,9 % pour la Pologne, etc.). En outre, le marché des permis d'émission devait se mettre en place à l'intérieur de l'Union européenne trois ans avant le reste du monde industriel, avantageant des pays comme la Bulgarie, la Roumanie ou la Pologne par rapport à la Russie. D'ailleurs, « les pays de l'annexe I en transition vers une économie de marché avaient néanmoins la possibilité de choisir une autre année de référence que 1990 : la Bulgarie a ainsi choisi 1988, comme la Pologne, la Roumanie a choisi 1989 et la Hongrie une moyenne des années 1985-1987 » (Gemenne, 2009, p. 120). Ainsi, par rapport aux pays d'Europe de l'Est, la Russie n'avait en aucun cas un statut exceptionnellement avantageux, au contraire. Ajoutons encore que, seule des pays émergents parmi les BRIC à appartenir à l'origine aux 38 pays industriels dits de l'annexe I, la Russie avait aussi plus de contraintes théoriques que la Chine, l'Inde, le Brésil.

De 2001 à 2004, l'attente russe n'était pas liée aux résultats atmosphériques eux-mêmes, mais à la politique au sens large du terme. En effet, de 1990 à 2001, les émissions (les *vybrossy*) de la Russie avaient diminué de 47,7 %, quand le pays devait s'engager sur un 0 % d'ici à 2008. Le pari était donc gagné d'avance et de beaucoup³⁸. L'intensité de la crise économique ayant accompagné la chute de l'URSS et l'énormité de la baisse de la production industrielle avaient fait tomber de près de moitié les rejets de gaz, sans que les efforts écologiques au sens strict n'y fussent pour grand-chose³⁹. Mais le résultat était là, bien que le redressement économique spectaculaire de l'ère Poutine ait fait remonter un peu les émissions : dès 2004, les rejets étaient plus bas de seulement 30,1 % par rapport à 1990.



Photo 6 Fermeture des usines et baisse des émissions de gaz à effet de serre
Cliché L. Touchart, décembre 2009

Le Centre International des Affaires de Moscou (M.M.D.Tsé., dit aussi Moskva City) se construit sur un ancien quartier industriel, dont toutes les usines ont fermé à la chute de l'URSS. Par la seule crise économique des années Eltsine, la Russie a diminué ses émissions de gaz à effet de serre de près de 50 %.

Il est possible que, pendant ces trois années, d'une part la Russie ait hésité, du fait de désaccords internes entre les différents groupes de pression, d'autre part se soit fait désirer, pour tenter d'en retirer des avantages internationaux. Ces tergiversations, et leurs causes supposées⁴⁰, ont été étudiées en détail par des chercheurs beaucoup plus au fait que les géographes des multiples tendances et sous-tendances politiques, ainsi que des différents lobbies. Nous nous contenterons donc de renvoyer aux écrits très fouillés de Jacqueline Karas (2004), d'A. Korppoo *et alii* (2004), de Marie-Hélène Mandrillon (2005a, 2005b). Chez les géographes, Jean Radvanyi (2007, pp. 44-45) a ajouté, dans la quatrième édition de son maître-ouvrage, un passage concis et particulièrement complet sur

³⁸ Cette facilité à gagner d'avance le pari pour les Russes est d'ailleurs utilisée comme argument de débat par Sylvestre Huet (2010, p. 19) dans son ouvrage contre le livre *L'imposture climatique* : « Claude Allègre croit donc que la Chine, la Russie et l'Inde n'ont pas signé le protocole de Kyoto. [...] C'est faux, ces trois pays l'ont signé. C'est d'ailleurs logique. La Russie, avec l'écroulement de son appareil industriel en 1990-1991, a, en quelque sorte, anticipé ses réductions d'émissions de gaz à effet de serre et peut espérer les vendre sur un futur marché international des permis d'émissions ».

³⁹ Il serait d'ailleurs intéressant de replacer le cas russe dans un contexte plus large. D'une part, il est pour le moins curieux de s'offusquer d'une sorte de statut privilégié de la Russie, quand on parle d'un pays qui a été touché par une crise économique si terrible qu'il en a perdu la moitié de sa production industrielle et à qui on demande des efforts écologiques. D'autre part, il paraît un peu simple de ne parler que de désindustrialisation de crise dans les causes de la baisse des émissions russes et d'efforts écologiques dans les causes de la baisse des émissions d'Europe de l'Ouest. En effet, l'Europe de l'Ouest se désindustrialise aussi, et la Russie fait aussi des efforts écologiques. Ce dernier point sera l'objet de la partie « 1.3. » de ce chapitre (pp. 210 *et sq.*).

⁴⁰ D'autres hypothèses, moins sérieuses ou confinées à l'extravagance, ont circulé sur les liens entre la Russie et certaines critiques internationales contre le réchauffement global : « Des hackers – on soupçonne même les services secrets russes d'être impliqués mais rien de sérieux n'a été apporté pour le démontrer – ont cracké les ordinateurs du Climate Research Unit de l'université d'East Anglia (Royaume-Uni), dérobé des centaines de mails envoyés ou reçus durant treize ans par l'équipe de Phil Jones, son directeur. Puis les ont déversés sur le web. Aussitôt les climato-sceptiques affirment y trouver la preuve du scandale » (Huet, 2010, p. 10).

« la Russie, Kyoto et le réchauffement climatique », qui présente aussi, avec neutralité, le point de vue russe.

A l'intérieur des négociations ayant précédé la ratification, deux exemples peuvent être pris parmi les plus géographiques⁴¹. Le premier est celui des forêts. Pendant ces quelques années de marchandage, la Russie a plus ou moins réclamé des crédits étrangers pour l'aider à préserver et entretenir ses forêts. Possédant plus du quart des forêts mondiales, qui absorberaient selon elle chaque année 900 milliards de tonnes⁴² de gaz carbonique, la Russie défend l'idée que, sans elle, le *parnikovy èffekt* (l'effet de serre) serait plus grave dans le monde entier. La planète lui est donc redevable et doit, selon cette logique, l'aider à protéger ce poumon vert. Finalement la Russie aura obtenu de profiter⁴³ de plantations forestières déductibles des émissions de gaz, les « puits de carbone ».



Photo 7 La taïga, une forêt peu défrichée présentée par la Russie comme un puits de carbone luttant contre le réchauffement global

Cliché L. Touchart, août 2006

Le village sibérien de Choumikha est une localité de défrichement de fond de vallée qui laisse la forêt recouvrir toutes les pentes qui la surmontent. Il est représentatif de la préservation des forêts russes sur de grandes distances. La Russie défend l'idée que, possédant le quart des forêts mondiales, elle lutte ainsi contre le réchauffement global. Cette vision a beaucoup compté dans les négociations qui précédèrent la ratification du Protocole de Kyoto par la Russie.

⁴¹ Nous ne parlerons pas ici des négociations concomitantes de la Russie pour entrer dans l'OMC, étudiées notamment par J. Karas (2004) et d'autres auteurs. « La Russie souhaitait rejoindre l'OMC, mais avait besoin pour cela du support de l'Union européenne, qui elle-même menait d'intenses efforts diplomatiques pour convaincre la Russie de ratifier Kyoto : la Russie négocia donc sa ratification contre son accession à l'OMC » (Gemenne, 2009, p. 118).

⁴² Les chiffres effectifs et potentiels sont discutés. La « capacité d'absorption des forêts » est « *poglochtchaïouchtchaïa spsobnost lessov* » des Russes.

⁴³ Dans une mesure qu'il n'est pas possible de juger au regard d'une opposition de gagnant ou de perdant. « Les Russes considèrent que les Européens auraient sous-évalué le rôle des massifs forestiers et plus généralement, les conditions climatiques spécifiques de leur pays » (Radvanyi, 2007, p. 45). Cette sous-estimation est expliquée par V. Bitiukova (2005). En outre les études sur le dégazage à partir du pergélisol en fonte remettent en question le rôle des taïgas du nord-est.

Une autre partie de l'effort de la Russie porta sur la négociation des meilleures conditions possibles auxquelles elle pourrait vendre ses permis d'émission, c'est-à-dire un droit de polluer acheté par les mauvais élèves, comme le Canada ou le Japon, aux bons élèves, comme la Russie ou l'Ukraine, dont il était prévu à l'origine une mise en place à partir de 2008. Des universitaires russes ont pu conclure, en étudiant la situation sous tous ses angles, que « dans l'état actuel, la vente supposée des quotas d'émissions de gaz par la Russie n'apportera rien de positif [*nitchégo polojitel'nogo*] au pays » (Bitjukova, 2005, en russe). En fait, les conditions mondiales changeaient aussi au fur et à mesure des années passant, non seulement chez les pays émergents, mais aussi chez les pays plus en difficulté, cependant que certains milieux russes faisaient remarquer les très gros efforts déployés par l'Union européenne pour imposer des normes et des modes de calcul des émissions à son avantage, qui conduiraient inévitablement à interdire les techniques russes, y compris non polluantes, et exiger à terme que le matériel anti-pollution européen soit le seul autorisé (Bitjukova, 2005).

Une fois certaines de ces tractations terminées, le Conseil des ministres de la Fédération de Russie adopta le 30 septembre 2004 un projet de loi visant à ratifier le protocole de Kyoto, *Kiotskoïé soglachiénié* des Russes, et la Douma ratifia effectivement le texte le 18 novembre. Grâce à cette décision de la Russie, le protocole de Kyoto a force de traité international depuis le 16 février 2005. Certains milieux russes pensaient avoir ainsi construit une source de devises⁴⁴, pendant que d'autres estimaient au contraire que le caractère évolutif de réévaluation des quotas desservirait à terme la Russie⁴⁵. Selon V.R. Bitiukova (2005), c'étaient les mécanismes de mise en œuvre conjointe, les *proekty sovместnogo ossouchtchestvlénia*, qui auraient été les moins défavorables à la Russie.

Pendant toutes ces années, les autres conférences des parties de la convention-cadre sur les changements climatiques avaient continué de se tenir chaque année. Celle de 2001 à Marrakech avait précisé les modalités des trois mécanismes de flexibilité, qui sont des redistributions financières dont les permis d'émissions sont les plus connus. Ces derniers ne concernent que les pays industriels entre eux et on a dit combien la Russie avait essayé de négocier ceux-ci à son avantage. Mais les républiques d'Asie Centrale qui appartenaient à l'URSS n'ont pas été classées par l'ONU dans ces 38 pays riches. Ce fut pour préserver le lien et son influence sur ces pays que la Russie s'efforça pendant plusieurs années de faire pression, à l'ONU, afin d'obtenir un reclassement de ceux-ci. En effet, leur crise industrielle à la chute de l'URSS ayant été encore plus accentuée qu'en Russie, leurs émissions de gaz carbonique avaient diminué dans des proportions considérables. Un élargissement de certains mécanismes de flexibilité aux pays non industriels les aurait donc avantagés plus que tous les autres. C'est pourquoi, à la conférence des parties de 2005 à Montréal, la Russie alla jusqu'à bloquer temporairement la réunion pour tenter d'infléchir une décision favorable à « l'Asie russe ».

Mais les conditions changeaient aussi à l'extérieur de la CEI et les conférences des parties successives, et autres réunions internationales, devaient prendre de plus en plus en compte la croissance de l'Inde et de la Chine, cette dernière faisant d'ailleurs de nouvelles propositions plutôt avancées. Enfin, la Russie s'engagea, sous certaines conditions, en novembre 2009, lors du sommet de Stockholm entre la Fédération et l'Union européenne, préparant le Sommet de Copenhague, à une baisse de 25 % des rejets d'ici à 2020, le niveau de référence du calcul restant l'année 1990. Lors de cette dernière conférence, il fut manifeste que la prise en compte du rôle des forêts russes restait un argument de négociation. Il faut noter que cette réévaluation du quota intervient après des années de forte croissance⁴⁶ de la Russie, à l'opposé des années 1990 de Kyoto. Cette révision réclame donc des

⁴⁴ « La Russie [...] se trouvait de surcroît très en deçà des plafonds d'émissions qu'elle pouvait atteindre, et pouvait donc vendre ses surplus d'émissions aux pays européens, en utilisant le mécanisme de mise en œuvre conjointe. Le produit de la vente de ces permis d'émissions était alors estimé à plusieurs centaines de millions de dollars » (Gemenne, 2009, pp. 118-119).

⁴⁵ « L'argument selon lequel la Russie bénéficierait de la vente de ses 'crédits d'émission' est jugé non pertinent. Outre le fait que les calculs initiaux ont été réalisés au creux de la crise industrielle, beaucoup font remarquer que ce 'marché des émissions' ne s'est pas réellement instauré et qu'entre temps les conditions ont changé en défaveur du pays » (Radvani, 2007, p. 45).

⁴⁶ Le géographe G. Rossi (2010, p. 28) a récemment résumé la place de la Russie dans le cadre de la croissance économique des pays émergents et leur lien avec les négociations internationales du réchauffement global : « l'environnement et son argument climatique sont une sorte de nouvelle canonnière autrement plus puissante et efficace que celle de la guerre de l'opium, car perçue comme éthiquement insoupçonnable et scientifiquement irréfutable. Et ce, particulièrement envers les pays émergents accusés d'être, avec leurs industries et leurs équipements polluants qu'ils sont priés de renouveler, des

efforts écologiques de la part de la Russie et la prise de nouvelles mesures pour diminuer les émissions, bien qu'il reste encore un peu de marge à prendre sur la chute considérable de la production industrielle des années 1990.

1.3. Les mesures russes pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre

Avant d'aborder les réalisations effectives, variant selon les branches d'activité de la Russie, il convient d'en présenter la politique générale et les fondements institutionnels tels qu'ils ont été définis à partir de la ratification de 2004. Le Plan d'actions complexe pour la réalisation du protocole de Kyoto en Fédération de Russie⁴⁷, issu de la mission gouvernementale du 24 février 2005, définit la répartition des tâches entre les organes fédéraux et la coordination des actions. Il est géré par une Commission interservice (*Mejvédomstvennaïa komissia*) créée dans ce but en mai 2005. Un premier bilan en a été établi par la séance gouvernementale du 15 mars 2006 et publié par le Ministère du développement économique et du commerce dans le *Rapport sur les progrès manifestes concernant la réalisation des engagements de la Fédération de Russie pour le protocole de Kyoto*⁴⁸.

Le principal changement concerne désormais l'effort portant sur les économies d'énergie (*ènergobèréjénié*). L'Etat cherche d'une part à changer les mentalités, en informant, d'autre part à donner l'exemple, en rénovant les réseaux, par l'introduction de nouveaux systèmes automatisés, pour diminuer les pertes. En 2006, les micro-centrales (*mini-TES*) ont été officiellement favorisées pour la première fois et des expériences pilotes ont été réussies.

Depuis 2001, le géant russe des hydrocarbures, la société Gazprom, est engagé dans un grand programme de réduction des émissions de méthane et de gaz carbonique (*ouglékisly gaz*). C'est ainsi que la reconstruction des stations de compression, qui a pris quatre ans, a fait baisser de trois millions de tonnes les rejets de CO₂. Un gros effort est en cours pour rénover les gazoducs et les répartiteurs afin de diminuer les pertes dans le réseau des conduites. Enfin, Gazprom s'engage sur le long terme dans l'augmentation de la part des automobiles fonctionnant au gaz au lieu de l'essence.

Dans le secteur du charbon, l'extraction a tendance à baisser, mais c'est surtout l'ensemble de mesures modifiant efficacement les méthodes qu'il convient de souligner. D'abord, la part d'exploitation à ciel ouvert augmente, diminuant ainsi les émissions de méthane provenant de l'extraction profonde. Ensuite le captage et l'utilisation du grisou (*chakhtny metan*) croissent de 5 à 7 % par an. C'est le bassin charbonnier de la Petchora qui, de ce point de vue, a reçu le plus d'équipements de modernisation pendant quelques années ; mais il connaît maintenant certaines difficultés.

Parallèlement, la Russie cherche à valoriser les sources d'énergie renouvelables, les *Vozobnovliaïemyé Istotchniki Energii (VIE)*. Si l'importance de l'hydroélectricité est ancienne en Russie, l'exploitation de la géothermie, de l'énergie éolienne, de la biomasse est en revanche très récente. De 2000 à 2003, la production éolienne a été multipliée par 4,2 et les stations géothermiques par 5,3, mais il est vrai que, à cet égard, le pays partait d'une quasi-inexistence. Au milieu des années 2000, la part des *VIE* dans la production d'électricité de la Russie est de 27,3 %, essentiellement grâce aux centrales hydroélectriques. Avant d'étudier plus précisément la question des énergies renouvelables en Russie, il convient de se pencher sur la pollution atmosphérique. En effet, les *VIE* permettent à la fois, pour certaines d'entre elles, de diminuer les émissions de GES et les rejets de substances toxiques.

dangers pour la planète. On comprend que, face au renchérissement des coûts de production et, dans le jeu de la mondialisation, au risque de perte de compétitivité de leur économie face à l'occident, ces pays ne manifestent qu'un enthousiasme modéré ou, comme la Russie, qu'une approbation politique de façade et tarifée.

⁴⁷ Abrégé dans la plupart des documents ministériels en « Plan complexe ».

⁴⁸ Il s'agit du *Doklad ob otchévidnom progressé v vypolnénii obiazatel'stv Rossisskoï Fédératsii po Kiotskomou protokolou*.

2. La pollution atmosphérique des territoires russes : une démarche géographique d'emboîtement d'échelles qui permet de clarifier le paradoxe des sources d'émission

La pollution atmosphérique⁴⁹ (*zagriaznénié vozdoukha*) de la Russie est liée à l'activité économique, qui a connu de profonds bouleversements récents. Dans un sens, la crise économique et les milliers de fermetures d'usines qui ont succédé à la disparition de l'URSS⁵⁰ ont fait baisser les rejets de polluants. A l'inverse, la circulation automobile a fortement augmenté par rapport à l'époque soviétique, cependant que le secteur énergétique restait le plus stable quant à ses émissions de polluants, par l'intermédiaire de ses centrales thermiques. Puis l'important renouveau des années Poutine a fait repartir la production industrielle et ses rejets. Il n'est donc pas si simple de corrélérer les rejets atmosphériques et le régime socio-politique⁵¹ d'un pays, ni même sa seule activité économique, d'autant qu'une production à la hausse n'est pas mécaniquement synonyme d'une augmentation des rejets, si des progrès en matière de filtration, de purification, de lutte généralisée contre la pollution de l'air sont réalisés dans le même temps. De réels efforts écologiques ont porté leurs fruits en Russie et la législation a aidé à cela. La clef de voûte du dispositif fut la promulgation de la loi de la Fédération de Russie du 2 avril 1999 « *Ob okhrané atmosfernogo vozdoukha* » (« la protection de l'air atmosphérique »). Devant ce double paradoxe de montée et de baisse simultanée des rejets de polluants atmosphériques selon le critère considéré, la méthode géographique des changements d'échelles n'est pas une figure de style, mais au contraire la démarche scientifique qui s'impose prioritairement pour ne pas tomber dans les excès de simplification qui faussent parfois les présentations pouvant être faites de la question⁵².

2.1. Une permanence géographique : l'Europe plus polluée que l'Asie

La comparaison, entre la période soviétique et l'époque actuelle, des régions où sévit la plus forte pollution atmosphérique montre la constante géographique d'une Russie d'Europe nettement plus touchée que la partie asiatique. Deux raisons se cumulent. D'une part c'est ici que se trouvent 80 % de la population, l'essentiel des activités industrielles, le réseau de transports le plus dense et le plus utilisé.

D'autre part, vu sa situation à l'est du continent européen, grand émetteur de polluants atmosphériques, la Russie occidentale reçoit ces derniers par les vents d'ouest dominants de la zone tempérée. Il a été calculé que, en 1994, la partie européenne de la Russie a reçu 1,204 million de tonnes de composés du soufre de l'étranger, essentiellement de l'Ukraine, de l'Allemagne et de la Pologne, mais elle en a exporté seulement 190 000 tonnes, soit 6,3 fois moins, au-delà de ses frontières (Korobkin, Peredelskij, 2005).

⁴⁹ La pollution nucléaire peut être considérée comme une pollution atmosphérique sous certains aspects, mais elle dégrade plus longuement les eaux et les sols. J.-N. Salomon (2003) étudie « la pollution de l'air » et « la pollution nucléaire » dans deux chapitres distincts.

⁵⁰ « La valeur de la production industrielle a diminué de 50 % en 5 ans, de 1990 à 1995. Si l'on se réfère au milieu des années 1980, l'effondrement est encore plus dramatique et spectaculaire puisqu'il est de l'ordre de 60 % ! » (Thorez, 2007, p. 110).

⁵¹ Seules les situations et les mesures les plus récentes seront présentées. Pour le développement d'un exemple concret des mesures prises contre la pollution atmosphérique au tournant des périodes soviétique et eltsinienne, nous pouvons renvoyer à l'un des nos ouvrages précédents, qui détaille l'évolution des rejets du Combinat de papier et cellulose de Baïkalsk dans les années 1980 et 1990 (Touchart, 1998). La Russie prête depuis fort longtemps une attention importante à la lutte contre la pollution atmosphérique, qui était inscrite dans la constitution dès les années 1970 : « Selon la Constitution de 1977 en URSS [...] 'dans l'intérêt des générations actuelles et futures les mesures sont prises pour assurer la pureté de l'air et de l'eau, le renouvellement des richesses naturelles et pour améliorer l'environnement.' (Art. 18) » (Brand, 1987, p. 221).

⁵² A cet égard, les simplifications outrancières propagées par certains auteurs (Mnatsakanian, 1994) et les contradictions qui les sous-tendent et produisent sur le lecteur réfléchi l'effet inverse à celui escompté auraient pu à notre avis être évitées par l'utilisation de cette démarche géographique de l'emboîtement des échelles. En particulier, il est impossible, selon nous, de qualifier les mérites de tel ou tel régime tout en s'appuyant sur des chiffres de tonnages de rejets atmosphériques qui quantifient le contraire sur un certain nombre de lieux, par exemple Moscou, tandis que la distinction d'endroits différents et d'échelles géographiques distinctes (la Russie tout entière, une vieille région industrielle comme le Kouzbass, une métropole comme Saint-Pétersbourg, etc.) aurait permis de montrer des évolutions contradictoires et complémentaires et, *in fine*, de consolider l'argumentation allant dans une conclusion du même sens pour un territoire donné.

Ainsi, par ses propres émissions et recevant en outre celles de l'étranger, la Russie d'Europe est la plus touchée par les problèmes de pollution de l'air. Les territoires les plus atteints sont la Mésopotamie russe entre Volga et Oka, y compris la région moscovite, la moyenne Volga, le bassin de la Kama, l'Oural. En fait, la disparité entre la Russie d'Europe et d'Asie a même été accentuée par la chute de l'URSS.

2.2. L'évolution géographique : un transfert de la pollution dans la ville

2.2.1. De la région industrielle vers la ville

A moyenne échelle cartographique, un déplacement géographique de la pollution atmosphérique s'est produit entre la période soviétique et aujourd'hui. Le secteur industriel et énergétique, qui correspond aux sources fixes de pollution de l'air, était le principal à l'époque de l'URSS. Les émissions provenaient aux deux tiers des usines et des centrales thermiques. La conséquence géographique était la suivante. Les parties les plus polluées du territoire étaient les grandes régions d'industries lourdes, ainsi que certains centres isolés du même type. Bien entendu l'Europe était très concernée, avec les régions de la Volga, de la Kama, de l'Oural, du Donbass ukrainien débordant sur le territoire russe, ou avec des centres isolés comme la ville sidérurgique de Tchérépovets. Mais la Russie d'Asie n'était pas exempte, avec de vieilles régions industrielles comme le Kouzbass, de plus récentes comme la plaine de l'Ob, ainsi que des centres isolés, comme Norilsk, Bratsk et Chélekhov en Sibérie ou Komsomolsk-sur-l'Amour en Extrême-Orient.

Avec l'avènement de la nouvelle Russie, la circulation automobile est devenue la principale responsable de la pollution atmosphérique. Cela a provoqué une redistribution géographique des problèmes de qualité d'air. En Sibérie et en Extrême-Orient, les points d'industrie lourde ont en partie fermé et les villes voient leur population diminuer. De ce fait les grandes villes européennes occupent plus clairement qu'avant les positions les plus préoccupantes. Les agglomérations de Moscou, Saint-Petersbourg, Nijni Novgorod, la conurbation de Samara ont désormais un tel trafic automobile que la pollution atmosphérique y est la plus forte.



*Photo 8 La pollution atmosphérique et les villes d'industrie lourde : le cas de Chélekhov
Cliché L. Touchart, août 2008*

Chélekhov est une ville sibérienne de 50 000 habitants dont la raison d'être est l'usine d'aluminium. Le panneau d'entrée de la ville permet de lire « Chélekhov, la ville des métallurgistes ». Bien que la raffinerie d'aluminium soit aujourd'hui privatisée, comme l'indique le panneau vertical de droite, chapeauté par la société Roussal, ce type de pollution atmosphérique doit plutôt être considéré, par le choix de sa localisation géographique, comme un héritage soviétique.



Photo 9 La pollution atmosphérique et la circulation automobile : l'évolution de la nouvelle Russie
Cliché L. Touchart, décembre 2009

Pendant les deux décennies faisant suite à la chute de l'URSS, la pollution atmosphérique due à la circulation automobile a fortement augmenté, en particulier dans les grandes villes. Ici, à Moscou, la rue Novy Arbat est la grande avenue de la partie occidentale du centre-ville. Jour et nuit, sur une huitaine de files, la circulation y est très dense. De l'époque soviétique à la Russie actuelle, la géographie de la pollution s'est ainsi déplacée des régions industrielles (Volga, Kama, Oural, Donbass, Kouzbass) vers les métropoles tertiaires.

2.2.2. Vers une pollution diffuse intra-urbaine

A grande échelle cartographique, la ville soviétique était conçue, pour des raisons idéologiques et économiques, comme un tissu urbain mêlant et associant les usines, y compris les établissements d'industrie lourde, les centrales thermiques et les immeubles d'habitation. La pollution atmosphérique par les sources fixes touchait donc à plein les quartiers d'habitation. Le changement de régime politique a apporté des transformations considérables. La production industrielle totale a été divisée par deux entre 1990 et 1994 et a continué de baisser jusqu'en 1998. Les milliers de fermetures d'usines ont laissé, notamment dans les quartiers centraux, des friches reconquises le plus souvent par des centres commerciaux. Les nouvelles usines partent plus volontiers en périphérie. Les sources fixes de pollution régressent donc et touchent désormais moins les centres-villes. En revanche, ces transformations ont provoqué une augmentation générale des déplacements de travail et de la pollution atmosphérique par sources mobiles. La modification des comportements individuels et du mode de vie a conduit à une très forte augmentation de la circulation et de la pollution associée. Le cas de Moscou est exemplaire.



Photo 10 La conquête des friches industrielles par les centres commerciaux et les immeubles de bureau : une nouvelle géographie de la pollution atmosphérique

Cliché L. Touchart, juillet 2010

Les milliers d'usines qui ont brusquement fermé dans les années 1990 sont progressivement reconquises par des installations tertiaires dans les années 2000. Ici, à Irkoutsk, la partie droite de la photographie montre une partie de l'ancienne usine qui fabriquait les dragues d'extraction d'or pour toute la Sibérie. L'essentiel est déjà démoli et a été remplacé par de vastes centres commerciaux à l'ouest (hors photo) et par des immeubles de bureau à l'est. Un bouleversement de la géographie de la pollution atmosphérique s'est produit entre la période soviétique et aujourd'hui à l'intérieur de chaque grande ville. Les centres ont perdu les rejets industriels, mais ils reçoivent un nouveau type de pollution.

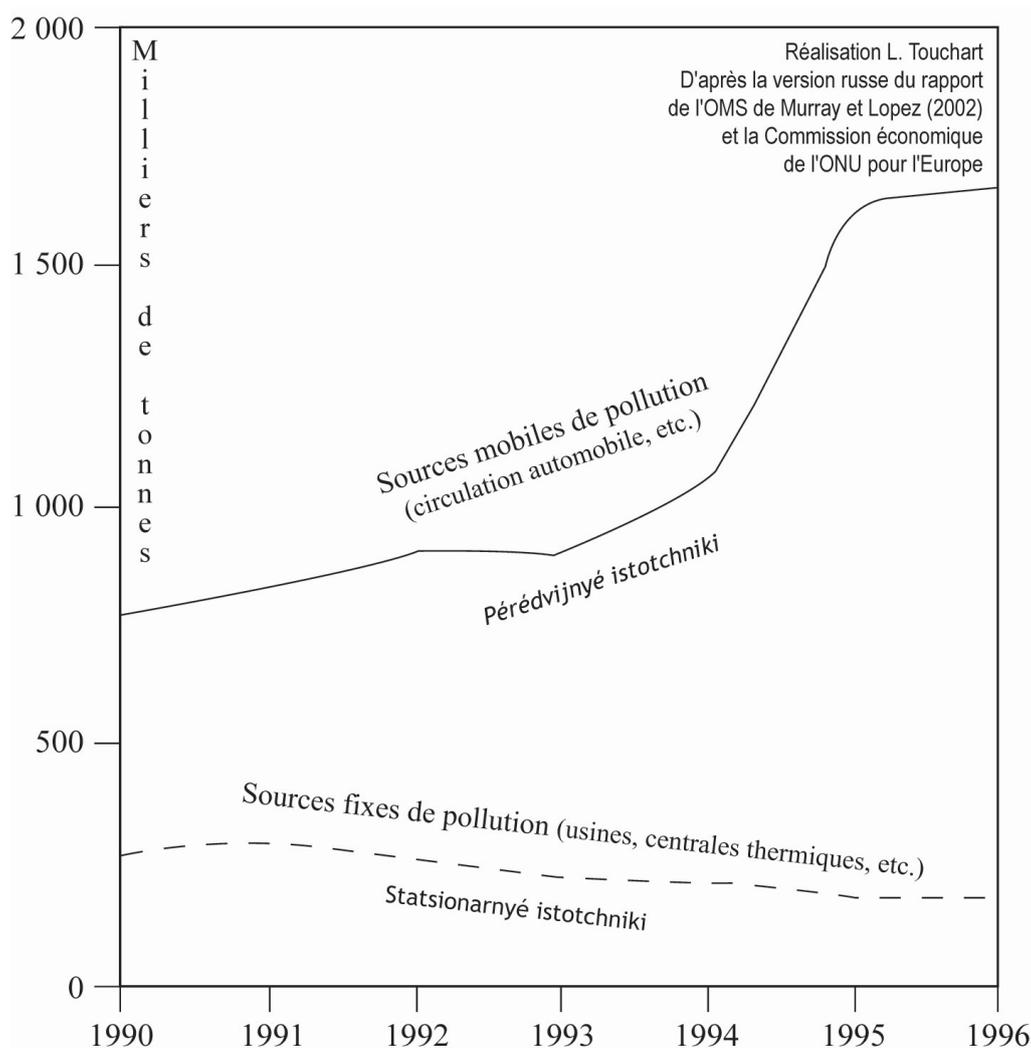


Figure 3 L'évolution des rejets dans l'atmosphère à Moscou en fonction des sources de pollution lors des premières années du passage à l'économie de marché

La transition d'un système à l'autre est cependant complexe et laisse parfois place à des évolutions contradictoires. Le cas de l'aciérie de Tchérépovets est à cet égard intéressant⁵³. Cette ville de 300 000 habitants, à 500 km au nord-est de Moscou, a son économie fondée sur deux grands complexes industriels, l'usine d'engrais phosphatés et le combinat sidérurgique. Datant des années 1950, ce dernier avait été installé dans le tissu urbain en même temps que la reconstruction d'ensemble de la ville était conçue après les énormes destructions de la Seconde Guerre Mondiale. En 1965, les autorités avaient délimité un « périmètre de sécurité sanitaire », large de 5 000 m, autour de l'aciérie, que les habitants devaient quitter pour être relogés plus loin, dans un quartier de la ville où la pollution de l'air était moindre. Malgré un décret pris par le conseil des ministres, le Ministère de la métallurgie ne relogea pas tous les résidents concernés. Concomitamment les autorités de l'Etat lancèrent une modernisation importante de l'usine pour diminuer les émissions polluantes, qui était en cours à la chute de l'URSS. L'une des premières décisions de la nouvelle Russie fut, dès 1992, de ramener à 1 000 m la largeur du périmètre de sûreté. L'année suivante, l'usine fut privatisée. Celle-ci s'engagea à poursuivre les travaux d'amélioration technique abaissant les rejets polluants, mais elle refusa de garder les logements associés à l'usine. Les immeubles, qui appartenaient au ministère d'Etat, furent cédés à la commune. En 1995, certains habitants portèrent l'affaire en justice pour demander à la société le déménagement hors de la zone tampon. La justice russe ordonna un relogement aux frais de la commune, mais en subordonnant sa décision à l'affectation de crédits. Se tournant alors contre la commune en 1999, les plaignants furent déboutés par les tribunaux russes, car ils se trouvaient déjà sur une liste d'attente pour obtenir de nouveaux logements. L'une des personnes a alors porté l'affaire devant la cour européenne des droits de l'homme, qui, en 2004, a exprimé le fait que l'article 8 de la convention européenne des droits de l'homme, dont la Russie est signataire, avait été violé.

Cet exemple montre la lutte des individus, dont certains n'ont pas hésité devant un très long parcours judiciaire, mais aussi les efforts des sociétés privées, qui acceptent de poser de nouveaux systèmes anti-pollution, et des collectivités territoriales, qui tentent un nouveau zonage malgré le peu de ressources financières. Pourtant ce combat continue de se mener aujourd'hui contre les sources fixes (*statsionarnyĭ istotchniki*) de pollution de l'air, bien identifiées, alors que les sources mobiles (*péredvijnyĭ istotchniki*), par la circulation automobile, sont désormais devenues les principales. Dans toutes les grandes villes russes, la pollution atmosphérique est aujourd'hui plus élevée qu'à l'époque soviétique, car la baisse des rejets industriels a été moins forte que l'accroissement des émissions automobiles. Il est donc nécessaire de repenser, y compris chez les associations écologistes, les priorités de la lutte contre la pollution atmosphérique.

2.2.3. Microclimat urbain et pollution par quartier : le cas de Moscou

La grande ville de Moscou a créé un climat local (Ušakov *et al.*, 1999), qui a transformé les conditions naturelles d'origine de certains facteurs, selon des modalités communes à toutes les grandes agglomérations de la zone tempérée (Escourrou, 1981, 1991, Hromov et Petrosjanc, 2004). Certaines de ces modifications sont provoquées par la pollution, d'autres l'accentuent en retour.

L'îlot de chaleur, *ostrov tepla* des Russes, est sans doute la manifestation la plus connue du climat urbain. S.A. Ouchakov et ses collaborateurs (1999) indiquent que la station météorologique la plus centrale de Moscou, celle de Baltchoug, a une moyenne annuelle d'un à deux degrés Celsius plus chaude que celle des postes situés en périphérie de la ville. C'est en été que la différence est la plus forte, atteignant plutôt deux à trois degrés. En hiver, cet îlot de chaleur provoque une diminution du nombre de jours de brouillard. A Moscou, selon L.T. Matveev (2004, p. 487, en russe), « on observe en moyenne entre 20 et 26 jours de brouillard par an à la station du V.D.N.Kha. et à l'observatoire hydrométéorologique, contre 36 à 49 jours dans les localités environnantes ».

⁵³ Comme l'affaire a été portée devant la Cour européenne des droits de l'homme par une requête introduite le 11 décembre 1999 et comme l'audience s'est déroulée en 2004 à Strasbourg, un certain nombre de renseignements sont très facilement accessibles par la lecture de l'arrêt sur la toile.

L'augmentation des précipitations, *ouvélitchénié ossadkov*, est une deuxième manifestation importante des modifications apportées par la ville. Cet accroissement concerne à la fois l'intensité et la fréquence. Elle provient d'une triple instabilité d'origine urbaine : d'abord la rugosité des constructions, ensuite l'îlot de chaleur, enfin la fourniture de noyaux de condensation, les *yadra kondensatsii*, sous forme des particules issues des rejets industriels, énergétiques et domestiques. L'effet d'obstacle, *prépiatstvié* des Russes, qui est dû à la rugosité (*chérokhovatost*) des édifices urbains, agit tout particulièrement dans les parties de la ville situées sous le vent. Les quartiers orientaux de Moscou subissent ainsi une augmentation plus sensible de leurs précipitations. Selon S.A. Ouchakov *et al.* (1999), ce surcroît est de 15 % en été et atteint 50 % en hiver.

La modification des vents est le troisième ensemble de phénomènes sur lesquels l'urbanisation exerce une grande influence. D'une part, la ville abaisse la vitesse moyenne des flux atmosphériques et diminue la fréquence des vents forts. Cet aspect, classique dans toutes les grandes villes du monde, serait accentué à Moscou par le caractère remarquablement radio-concentrique des rues⁵⁴. D'autre part, la métropole crée un régime de brises urbaines, les *gorodskié brizy*, en lien avec l'îlot de chaleur qui provoque, dans des conditions de stabilité, une petite dépression locale.

En relation avec ces différents éléments climatiques transformés par l'urbanisation, mais aussi, et surtout, en fonction de la localisation des sources d'émission, la qualité de l'air n'est pas la même selon les quartiers de Moscou. La géographie de la pollution atmosphérique intra-urbaine est connue grâce aux dix-neuf postes de contrôle du Centre moscovite d'hydrométéorologie et de surveillance de l'environnement (Mos.Tsé.Gué.M.S.) et aux quarante-huit stations du Centre urbain moscovite d'Etat de surveillance sanitaire et épidémiologique. Si l'on moyenne les différents polluants, c'est le quart sud-est de Moscou qui est de loin le plus pollué, suivi du quart nord-est et, sur des distances plus réduites, du nord-nord-ouest. L'ouest et le sud-ouest sont plus épargnés.

3. Les types de pollution atmosphérique en Russie

Sur le plan physique, la pollution atmosphérique concerne d'une part les particules solides, d'autre part les gaz. Sur le plan chimique, les particules et les gaz ont une certaine composition, dont l'influence sur la santé humaine est très variable. En Russie, le système de surveillance de la qualité de l'air mesure et contrôle une centaine d'éléments. Seuls quelques exemples peuvent être pris ici, en s'appuyant sur les substances les plus souvent prises en compte dans l'ensemble des pays industriels⁵⁵.

3.1. Les poussières et particules en suspension : un transfert des villes industrielles vers Moscou

Parmi les éléments de la pollution atmosphérique, les poussières forment incontestablement l'indicateur le plus répandu⁵⁶. Les poussières (*pyli*) sont d'autant plus dangereuses pour la santé humaine qu'elles sont fines, puisqu'elles sont alors inhalées profondément. Les spécialistes emploient le terme de particules en suspension (*vzvechennyé tchastitsy*) pour celles qui pénètrent dans le système respiratoire, dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres (Krzyzanowki M., 2005). Ce sont les PM-10 (*Particle Matter 10*) de la littérature anglo-saxonne, les T.V.Tché.-10 (*Tviordyé Vzvechennyé Tchastitsy 10*) des normes russes. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté les concernant une norme-limite de 90 microgrammes par mètre cube d'air. Selon la directive de 1999 de l'Union Européenne, il fallait aboutir en 2005 à une moyenne annuelle inférieure à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et une moyenne journalière dépassant 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moins de 35 jours par an. Pour 2010, l'Union Européenne avait

⁵⁴ « En banlieue, la fréquence des vents forts est pratiquement deux fois plus grande que dans la ville : c'est un effet de la compacité des constructions de la ville et de la disposition radio-concentrique des rues » (Ušakov *et al.*, 1999, p. 41, en russe).

⁵⁵ Par exemple, l'indice ATMO qui qualifie la pollution de l'air de Paris et de l'Ile-de-France, est fondé sur quatre éléments : les poussières, l'ozone, le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote. Sauf indication contraire de notre part, les chiffres sur la Russie, en comparaison avec les autres pays européens, seront, dans la suite de ce texte, tirés du rapport de 2004 publié par Evropejskoe agenstvo po ohrane okružajuščej sredy.

⁵⁶ En France, l'ADEME estime que les particules en suspension inférieures à dix micromètres peuvent être retenues comme indicateur fiable de l'ensemble de la pollution atmosphérique.

l'objectif d'atteindre une moyenne annuelle inférieure à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En France, le niveau à partir duquel le public doit être informé est de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le taux d'alerte est de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans les années 1980, la concentration maximale admissible soviétique était de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les moyennes et $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les pics instantanés.

A la chute de l'URSS, la République de Russie émettait 7,8 millions de tonnes de poussières, dont les sources fixes étaient responsables à 73 % (l'industrie à 25 %, les centrales thermiques à 48 %) et la circulation à 27 %. Les sources fixes étaient munies de systèmes de purification de l'air à 38 %. En absolu, les tonnages de poussières étaient émis avant tout par l'Oural, le Kouzbass et la région moscovite. En relatif, les concentrations les plus dangereuses concernaient de grandes cités industrielles isolées. C'était le cas de la ville sidérurgique de Komsomolsk-sur-l'Amour et de la ville pétrolière de Nijnéartovsk, où les normes en concentration de poussières étaient les plus régulièrement dépassées. En 1989, un exceptionnel pic instantané de $3\,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fut mesuré à Komsomolsk⁵⁷.

Le passage de l'URSS à la Fédération de Russie et du régime soviétique à l'économie de marché a provoqué une diminution sensible des émissions de poussières par les sources fixes, mais une forte augmentation due aux sources mobiles. Ces changements ont surtout été sensibles dans les plus grandes villes, notamment à Moscou. De fait, dans la première moitié des années 1990, au moment où la qualité de l'air commençait de s'améliorer en Europe de l'ouest, elle se détériorait en Russie. A la fin des années 1990, la concentration moyenne était de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de T.V.Tché.-10 à Moscou, contre un peu plus de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM-10 à New York et une cinquantaine à Tokyo. Heureusement, la Russie a en partie pris conscience du transfert des efforts à effectuer depuis les sources fixes vers les sources mobiles. Ainsi le contrôle technique des véhicules légers âgés de plus de quinze ans a été rendu obligatoire à Moscou à partir de 1996. C'était une première étape pour améliorer le réglage des moteurs dans la capitale russe.



Photo 11 L'accroissement de la circulation et la pollution par les poussières

Cliché L. Touchart, septembre 2010

A l'époque soviétique, la pollution par les poussières était en grande partie d'origine industrielle et énergétique. Bien que les centrales thermiques soient restées une source d'émission importante, c'est maintenant la circulation automobile la principale responsable. La ville de Moscou, ici l'avenue de la Paix, est particulièrement concernée. Les particules en suspension dont la dimension est inférieure à dix microns sont les plus dangereuses pour la santé, car elles sont inhalées le plus profondément dans le système respiratoire. Ces poussières très fines sont les T.V.Tché.-10 des normes russes anti-pollution.

⁵⁷ Ce record russe figure parmi les très hautes valeurs mondiales, assez loin cependant derrière l'intouchable valeur des $6\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurés en 1952 à Londres.



Photo 12 Nouvelles normes automobiles et lutte contre les particules en suspension
Cliché L. Touchart, août 2002

Non préparée à un transfert de la pollution depuis les sources fixes de l'industrie vers les sources mobiles du transport individuel, la Russie a connu une période transitoire de réajustement de ses moyens de lutte contre la dégradation de la qualité de l'air. L'une des premières mesures nouvelles fut, en 1996, l'obligation du contrôle technique des véhicules âgés à Moscou. L'anneau des Jardins est une avenue concentrique d'une huitaine de voies qui limite le centre-ville de Moscou, ici dans sa partie ouest. Le meilleur réglage des moteurs a permis, toutes choses égales par ailleurs, de réduire la pollution à proximité immédiate des plus grandes artères.

A l'échelle de l'ensemble de la Russie, des progrès sont venus du programme sectoriel « Economie d'énergie dans les transports russes de 1998 à 2005 ». Les mesures accompagnant cette rationalisation permettent globalement, outre l'économie d'énergie (*ènergosbèréjénié*), une diminution de l'émission des poussières fines et des gaz nuisibles par la circulation. Cependant, certaines préconisations de ce programme, comme celle de favoriser l'emploi des moteurs diesel, vont à l'encontre de la diminution des T.V.Tché.-10.

3.2. Les rejets en dioxyde de soufre et les pluies acides : une pollution concentrée aux frontières occidentales de la Russie

La combustion du pétrole et du charbon rejette aussi dans l'air un gaz d'odeur suffocante, le dioxyde de soufre (*dioksid sery* ou bien *dvou-okis sery*), dit jadis anhydride sulfureux. Directement agressif pour les muqueuses respiratoires de toute la population exposée, le SO₂ peut corrompre les capacités respiratoires des enfants et déclencher des contractions chez les asthmatiques. En outre, il a été démontré par les études scientifiques japonaises que le dioxyde de soufre agissait en synergie avec la fumée du tabac pour provoquer les bronchites chroniques et les emphysèmes pulmonaires. Or la Russie est un pays de grands fumeurs.

Quand les émissions de dioxyde de soufre sont le fait de complexes situés très loin de toute agglomération urbaine, comme la base gazière d'Astrakhan, les effets sur les organismes sont limités. En revanche, les habitants des villes de l'Oural en respirent beaucoup. Dans la partie asiatique de la Russie, de grandes cités industrielles isolées sont polluées par le dioxyde de soufre. C'est la ville sibérienne de Norilsk qui connaît les pics les plus élevés, mais, en moyenne annuelle, Komsomolsk-sur-l'Amour la dépasse.

Cependant, la pollution au dioxyde de soufre est sans doute celle qui a le plus diminué depuis 25 ans. Déjà, au cours de la dernière décennie de l'Union soviétique, les émissions de *dioksid sery* avaient baissé de près de 30 %. La diminution s'est accentuée depuis. D'après la Commission économique de l'ONU pour l'Europe, c'est la crise économique russe des années 1990 qui a été le principal responsable de la chute des rejets, tandis que l'amélioration en Europe de l'ouest était avant tout due aux progrès techniques et mesures écologiques. Pourtant, les efforts écologiques de la Russie n'ont pas été négligeables non plus. Un exemple à grande échelle cartographique peut être évoqué, celui des rejets atmosphériques du Combinat de papier et cellulose de Baïkalsk. Au milieu des années 1980, le BétséBéKa rejetait 6 000 tonnes de dioxyde de soufre par an dans l'atmosphère. A la suite de la baisse de la production et des mesures techniques prises à partir de 1987, les émissions ont diminué de près de moitié en une dizaine d'années.



Photo 13 Les rejets en dioxyde de soufre et les pluies acides
Cliché L. Touchart, août 2006

La pollution au dioxyde de soufre est celle qui a le plus baissé en Russie depuis la fin des années 1970. Elle garde cependant encore quelques points noirs, notamment les villes de Norilsk et Komsomolsk-sur-l'Amour, ainsi que des régions industrielles comme le Kouzbass. De façon plus isolée, quelques grands combinats ont été la cause de pluies acides pendant des décennies sur les forêts environnantes. Ici, le Combinat de papier et cellulose de Baïkalsk rejette ses fumées chargées d'anhydride sulfureux qui, après oxydation et combinaison avec l'humidité atmosphérique, forme des gouttelettes d'acide sulfurique. Celles-ci, en retombant, brûlent les forêts situées à proximité, notamment celle du cap Tonki situées au premier plan.

Mais le dioxyde de soufre ne reste pas tel quel plus de quelques heures dans l'atmosphère. En effet, il s'oxyde en anhydride sulfurique (SO_3), lequel se combine à l'humidité de l'air pour se transformer en acide sulfurique (H_2SO_4), la *sernaïa kislota* des Russes. Dans un air froid et stable, les minuscules gouttelettes chargées d'acide sulfurique se mêlent aux poussières urbaines pour former un smog de type londonien. Les villes industrielles de Sibérie, surtout celles qui sont situées au fond d'un bassin où l'inversion thermique est durable en saison froide, souffrent de ce genre de *zimni smog* (smog d'hiver). C'est le cas de la conurbation sidérurgique du Kouzbass.

Dans un air plus chaud et instable, l'acide sulfurique est exporté plus loin et retombe en pluies acides. Ces *kislotnyé dojdi* causent de grands dégâts au milieu naturel. Elles retombent sur les forêts, qu'elles brûlent, et les lacs, qu'elles acidifient au point d'en faire disparaître la vie, comme au Canada et en Scandinavie. L'ouest frontalier de la Russie, du fait des apports d'Ukraine et d'Europe centrale, est le plus touché et c'est ici que les pH les plus bas ont été relevés dans l'eau de pluie⁵⁸. Ailleurs, les concentrations en acide sont moins élevées, mais les forêts sont attaquées sur de grandes surfaces. Il est vrai que les forêts russes, presque uniquement formées de résineux, sont particulièrement vulnérables, puisque les conifères offrent une résistance moins grande aux pluies acides que les feuillus. Ce sont sans doute 50 millions d'hectares de taïga qui sont attaqués, à divers degrés, par les *kislotnyé dojdi*. C'est le cas de la Carélie et de la péninsule de Kola (Cabanne, 1998), où les terrains uniquement cristallins empêchent que se produise une neutralisation de l'acide. Les forêts de l'Oural et, en Sibérie, de la région de Norilsk sont également touchées.

⁵⁸ Les valeurs de pH restent plus élevées (c'est-à-dire moins graves) que celles du nord-est des Etats-Unis et de l'Europe centrale.

3.3. Les émissions d'oxydes d'azote et le smog photochimique : la nouvelle pollution méridionale de la Russie

C'est avant tout la circulation automobile qui émet en grande quantité le dioxyde d'azote (NO_2) dans l'atmosphère. Ce gaz est nuisible tel quel, en diminuant la capacité des organismes humains à résister aux infections bactériennes et en accroissant la sensibilité aux allergies. Les concentrations maximales admissibles soviétiques étaient de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les moyennes et $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les pics instantanés. En France, le niveau d'information du public est de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et celui d'alerte de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bien que le nombre de véhicules ait fortement augmenté en Russie depuis la chute de l'URSS, les rejets azotés dans l'air ont globalement baissé. Il semble que les pots catalytiques en soient en partie responsables. Il ne faut pas oublier non plus que la Russie est l'un des trois pays du monde comptant le plus de véhicules fonctionnant au méthane, dont on sait qu'il permet de réduire de 30 % les rejets d'oxydes d'azote par rapport aux carburants traditionnels. Mais il est vrai que la crise industrielle a aussi provoqué une baisse des rejets azotés par les points fixes, comme à Novgorod.



Photo 14 Le brouillard photochimique des villes du sud : le cas d'Adler
Cliché L. Touchart, août 2007

Dans les villes à forte insolation des bords de la mer Noire, le dioxyde d'azote rejeté par la circulation automobile se transforme en peroxyacétylnitrates (PAN) si les conditions de stabilité anticyclonique le permettent. Ici, la ville d'Adler perd sa visibilité sous un brouillard photochimique formé de PAN. Les Russes l'appellent letni smog, le smog estival, connu à l'échelle mondiale sous le nom de smog de Los Angeles.

Mais les dégâts dus aux oxydes d'azote proviennent surtout de leur transformation, dans le cas d'un ensoleillement important, en ozone et en peroxyacétylnitrates (PAN), ajoutant des combinaisons secondaires avec les hydrocarbures imbrûlés rejetés par les pots d'échappement. En cas de forte insolation et de temps chaud anticyclonique, les PAN forment des brouillards photochimiques, parfois connus sous le nom de « smog de Los Angeles ». Les records mondiaux sont en effet en Californie, loin devant Athènes. En Russie, ce brouillard urbain (*gorodskoï touman*) des pots d'échappement (*vykhlopnyé gazy*) est une pollution ponctuelle. Le *letni smog* (smog estival) touche en effet certaines villes embouteillées de la basse Volga et des littoraux de la Mer Noire, dont les habitants subissent une irritation des muqueuses oculaires et bronchiques. En 1998, lors de la sécheresse exceptionnelle de l'été, les grandes villes d'Extrême-Orient ont été elles aussi touchées, notamment Khabarovsk.

Enfin, en cas d'atmosphère plus instable, les oxydes d'azote, qui se combinent avec l'humidité atmosphérique pour se transformer en acide nitrique (HNO_3), sont parfois exportés sur de plus grandes distances. Elles contribuent aux pluies acides, par ailleurs surtout formées d'acide sulfurique.



Photo 15 Améliorations techniques et diminution de la pollution aux oxydes d'azote
 Cliché L. Touchart, août 2007

La Russie est l'un des trois pays du monde où roulent le plus de véhicules au méthane, diminuant ainsi de près d'un tiers les rejets d'oxydes d'azote. D'autre part, les automobiles possèdent des pots catalytiques depuis une vingtaine d'années, alors qu'ils n'étaient pas généralisés à l'époque précédente. Aujourd'hui, dans les villes du sud, différentes générations de voitures se côtoient, y compris les plus luxueuses des automobiles soviétiques, remises à la mode, comme ici une tchaïka dans le centre-ville de Sochi. Dans l'atmosphère instable et souvent orageuse du climat colchidien, les oxydes d'azote se transforment en acide nitrique.

4. L'énergie éolienne et solaire en Russie : un renouveau très limité

Parmi les énergies renouvelables, il en est deux qui sont directement liées aux facteurs climatiques : la force de travail du vent et celle de la radiation solaire. Toutes deux, si leur part dans la production augmente, peuvent contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à lutter contre la pollution atmosphérique.

4.1. Les fermes éoliennes : de la région de Kaliningrad à une réflexion d'ensemble

L'énergie éolienne, la *vetroenergëtika*, a, en Russie, une longue histoire en dent de scie. « Dans les années 1920-1930, l'Union soviétique faisait figure de pionnière pour le développement de l'éolien. Les recherches réalisées sous l'égide de l'Institut central de l'éolien ont débouché sur la construction de la plus grande ferme éolienne monde, dotée d'une capacité de 100 MW, en Crimée. Dans les années 1950, des milliers d'éoliennes étaient utilisées dans les campagnes pour puiser de l'eau et fournir de l'électricité » (Bigard, 2007, p. 23).



Photo 16 Les éoliennes villageoises en Russie, un héritage des années 1950
Cliché L. Touchart, août 2010

Pendant l'entre-deux-guerres, l'URSS construisit la plus grande ferme éolienne de la planète. Jusque dans les années 1950, des milliers de petites éoliennes fournissaient l'électricité et permettait de puiser l'eau des villages. Le retournement de situation fut complet à partir des années 1960, le pays fondant tout son développement sur les énergies fossiles et le nucléaire. L'éolien a alors été sacrifié et ne connaît une timide renaissance que depuis peu de temps.

Mais à partir des années 1950 et 1960, le développement du pays fut fondé sur les énergies fossiles, puis le nucléaire. Les énergies renouvelables furent dominées par les seuls barrages hydroélectriques et l'avance précédemment acquise dans l'éolien fut perdue. Certes, dans les déserts d'Asie centrale, les éoliennes restaient importantes et connurent même un certain accroissement, dans le but de puiser l'eau dans des réserves du sous-sol de plus en plus profondes⁵⁹ (Radvani, 1982). Mais dans le reste de l'URSS, en particulier dans la République de Russie, l'énergie éolienne fut presque oubliée. Le passage à l'économie de marché ne donna aucun nouvel essor aux énergies renouvelables.

Finalement « la Russie ne disposait en 2006 que de 13,3 MW de capacité installée, répartis sur une dizaine de sites » (Bigard, 2007, p. 27). En 2009, la puissance installée n'était qu'un peu supérieure à 17 MW, autant dire presque rien. Les fermes éoliennes, dites *vetroëlektrostantsi* (VES) en russe, sont donc extrêmement rares dans le pays et font figure de curiosité. En 2009, la VES la plus puissante de la Fédération se trouve d'ailleurs à l'écart du territoire principal, puisqu'elle turbine les vents du littoral baltique dans l'enclave de Kaliningrad. Située en bord de mer à l'ouest de la ville de Zélénograd, juste au nord-est du village de Koulikovo, cette ferme éolienne fut mise en service en 2001. L'année suivante, plusieurs autres éoliennes⁶⁰ (V.E.Ou.) furent ajoutées, montant la puissance du parc à 5,1 MW. Aujourd'hui, la *Koulikovskaïa VES*, gérée par la société Yantar'energo⁶¹, se compose de 21 V.E.Ou.

⁵⁹ « Les Soviétiques n'oublient pas pour autant les 'énergies nouvelles'. Ils ont d'ores et déjà acquis une solide expérience pour l'énergie éolienne, utilisée au Kazakhstan et en Asie moyenne pour pomper l'eau des nappes phréatiques » (Radvani, 1982, p. 170).

⁶⁰ Une éolienne se dit *vetroëlektricheskaïa oustanovka* (V.E.Ou.) ou bien, plus techniquement, *vetrogénérateur*. Chaque ferme éolienne (VES) est donc composée de plusieurs V.E.Ou.

⁶¹ Jantar'energo en transcription internationale.

La deuxième ferme éolienne de Russie se trouve à l'opposé du pays, au bord du Pacifique. Il s'agit de la *VES* d'Anadyr, qui possède une puissance installée de 2,5 MW. En effet, l'Extrême-Orient serait potentiellement le plus favorable à l'éolien, notamment Sakhaline et la région de Magadan. Mais ce sont des régions peu peuplées, où les besoins ne sont pas très grands.

Au total, les perspectives de développement ne semblent pas devoir se généraliser à court terme, mais rester concentrées sur les littoraux pacifiques et baltiques, peut-être au large des côtes⁶², ainsi que dans la partie méridionale de la Russie d'Europe, dans la plaine Caspienne et sur le piémont du Caucase, où le potentiel éolien serait, pour l'intérieur des terres, le meilleur. C'est ici qu'une ferme éolienne de grande taille se trouve en construction, la *Kalmytskaïa VES*. A une quinzaine de kilomètres de la capitale kalmouke, ce parc comprendra 126 éoliennes d'une capacité totale de 150 MW, dont la réalisation se fera en trois tranches (Zubakin *et al.*, 2008). Les premières *V.E.Ou.* ont commencé à produire leur électricité en 2007 et l'agrandissement se poursuit en ce moment.

4.2. L'énergie solaire, de la recherche spatiale soviétique au photovoltaïque civil

A l'époque soviétique, les recherches concernant l'énergie solaire et la production effective de cellules photovoltaïques étaient toutes deux liées au complexe militaro-industriel et à sa branche aérospatiale⁶³. Il en est résulté un héritage contrasté. D'une part, l'avance technique n'a jamais été perdue, mais, d'autre part, la difficulté du passage de la demande militaire à la demande civile n'a pas encore été complètement surmontée. Dès 1957, une première usine de fabrication de *polikristallitcheski kremni*⁶⁴ était ouverte dans la banlieue sud de Moscou, juste à l'ouest de Domodédovo, précisément dans la ville de Podolsk. Le silicium polycristallin était en effet le matériau nécessaire à la production de cellules photovoltaïques, les *fotoelektritcheskié preobrazovatelî*. Cette usine, le Podolski Khimiko-Métallurgitcheski Zavod (P.Kha.M.Z.) existe toujours et construit aujourd'hui encore des cellules photovoltaïques, bien que certaines techniques aient largement évolué. Dans ce domaine, la transition technologique a ainsi en partie fonctionné entre l'URSS et la Fédération de Russie. « La fabrication de certains équipements photovoltaïques a largement bénéficié, en Russie, de ses liens avec la recherche spatiale » (Bigard, 2007, p. 28). En revanche, le problème du changement de certaines priorités économiques et du bouleversement du marché n'a pas été complètement résolu.

Certes, le potentiel est fort, au Caucase, sur les bords de la mer Noire, de la Caspienne, ainsi qu'en Extrême-Orient Russe. Mais, « actuellement, faute d'un marché domestique suffisant, la production de cellules photovoltaïques au silicium monocristallin et de modules solaires de l'entreprise Solar Wind (Krasnodar) est presque intégralement exportée. De même, les deux usines dont la construction est prévue pour 2009, l'une au silicium polycristallin à Lipetsk (au sud de Moscou) et l'autre de transducteurs photoélectriques à Riazan (Centre), seront essentiellement tournées vers les marchés extérieurs » (Bigard, 2007, p. 28). Ajoutons que, en 2010, la principale usine russe de silicium polycristallin se trouve en Sibérie, dans la conurbation d'Irkoutsk, précisément dans la ville d'Oussolié Sibirskoïé. L'usine Oussoliékhimprom⁶⁵, qui était un établissement d'industrie chimique fondé en 1936, s'est en effet reconvertie en partie dans le poly-Si et appartient au groupe Nitel Solar. Cependant, au moment de mettre cet ouvrage sous presse, la société traverse de tels problèmes financiers que son avenir semble compromis⁶⁶ (Gerckina, 2010).

⁶² « L'avenir de l'éolien offshore est également prometteur, notamment au large des côtes de la mer Baltique. Cependant, le projet de la société danoise SEAS Energi Service et de Iantarenergo de Kaliningrad prévoyant la construction d'éoliennes offshore d'une capacité de 50 MW a finalement dû être abandonné faute d'un rendement suffisant et de conditions réglementaires adéquates » (Bigard, 2007, p. 27).

⁶³ « Le satellite Spoutnik 3, mis en orbite en 1958, était alimenté par des cellules solaires » (Bigard, 2007, p. 23).

⁶⁴ Abrégé en *polikremni*, le silicium polycristallin en français (poly-Si).

⁶⁵ Le site internet de l'usine est <http://www.ximprom.ru/>

⁶⁶ Dans l'article du 7 octobre 2010 du journal *Vesti Irkoutsk*, Yanina Guertskina indique que, l'usine Oussoliékhimprom ne payant plus ses dettes à Irkoutskénergo depuis mars 2010, cette dernière a décidé de lui réduire, puis lui couper, son

Conclusion du chapitre troisième

En conclusion, même en tenant compte des disparités géographiques de l'immense territoire et des irrégularités d'une année à l'autre, le climat russe est assurément plus chaud depuis une vingtaine d'années, surtout dans la partie septentrionale polaire. Sans doute la Russie ne s'en est-elle pas alarmée de la même manière qu'en Europe de l'Ouest et il est trop tôt pour savoir dans quelle mesure la canicule de 2010 a changé la vision russe.

Cette appréhension par la Russie du réchauffement global ne doit pas être jugée avec le seul œil occidental. Il n'est pas possible, ni même pertinent, de rayer de la pensée des siècles de lutte contre de terribles froids. Le gel, la longueur de l'hiver, l'intensité du froid ont toujours représenté la principale contrainte de la mise en valeur du territoire russe. Pourquoi condamner avec violence la Russie quand elle émet, pourtant avec beaucoup de précautions, que certaines formes de réchauffement pourraient avoir comme conséquence une diminution du nombre de morts qu'elle subit en hiver et, tout en contrebalançant avec l'éventualité de gros dégâts dus au réchauffement, une éventuelle baisse de certaines dépenses, par exemple énergétiques, comptées dans le surcoût du froid ? Pourquoi louer « pondération et bon sens » (Huet, 2010, p. 162) quand c'est le GIEC qui écrit que « des études effectuées dans des pays tempérés ont montré que les changements climatiques auront des aspects bénéfiques pour la santé, comme une diminution des décès hivernaux. Dans l'ensemble, on s'attend à ce que ces effets bénéfiques soient contrebalancés par des effets négatifs sur la santé, dus à la hausse mondiale des températures, en particulier dans les pays développés. L'équilibre entre les effets positifs et négatifs sur la santé variera d'une région à l'autre » (*id.*) ?

Le grand pays du gel et de la neige a intégré le combat contre le froid dans sa culture, comme un trait de civilisation, et possède sans doute quelques particularités climatiques, dont certaines peuvent être partagées par le Canada. Elles n'empêchent pas de penser aux conséquences néfastes d'un réchauffement. La Russie a connu à propos de Kyoto des débats internes contradictoires, entre partis politiques, personnalités diverses, scientifiques, associations écologiques, groupes de pression économiques ; elle continue de leur laisser libre cours. Il n'est pas sûr qu'ils aient été plus passionnés qu'ailleurs, ni moins. Ils sont montés jusqu'au plus haut sommet de l'Etat, en France aussi, aux Etats-Unis également.

A l'échelle mondiale, beaucoup d'efforts restent à fournir, malgré des progrès importants et partagés. Il n'y a pas de raison de montrer du doigt ou d'agresser les Etats-Unis, premier émetteur mondial de gaz à effet de serre du dernier demi-siècle cumulé⁶⁷, ni la Chine, premier émetteur depuis 2005, ni le Luxembourg, premier émetteur mondial par habitant depuis 1950, ni le Qatar, premier émetteur par tête des dernières années. Il n'y a pas plus de raisons de s'acharner sur la Russie. En outre, malgré de grandes avancées dans les connaissances scientifiques, des zones d'ombre subsistent et, comme l'écrit la géographe française Martine Tabeaud (2008, p. 116) : « que le réchauffement contemporain soit naturel, anthropique ou les deux, il faut raison garder ». Soucieuse de participer à la réduction des sources anthropiques du réchauffement global et à l'équilibre écologique de la planète, la Russie prend sa part des efforts internationaux à ce sujet.

L'évolution de la qualité de l'air sur le territoire russe ne peut se saisir qu'à travers la nouvelle place de la ville dans ce pays. Si, à l'époque soviétique, la géographie de la pollution atmosphérique coïncidait largement avec la répartition des régions industrielles, il en va autrement aujourd'hui. La cartographie de la pollution se calque maintenant plutôt sur la localisation des grandes villes tertiaires. Ce sont elles qui concentrent les rejets de la circulation automobile, devenue depuis la chute de l'URSS la grande cause de dégradation de l'air, tandis que les usines fermaient les unes après les

alimentation énergétique. Ajoutons que, le 16 février 2011, a commencé au tribunal d'Irkoutsk le procès intenté à Oussoliékhimprom par Irkoutskénergo.

⁶⁷ « L'effet de serre est provoqué par l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, dont la durée de vie peut être extrêmement longue. Plutôt que de considérer les émissions sur une année donnée, il peut dès lors apparaître pertinent de considérer les émissions cumulées sur une période donnée. C'est ainsi que l'on s'aperçoit que la Chine, pourtant premier pays émetteur depuis 2005, reste très loin des Etats-Unis et de l'Union européenne si l'on considère les émissions générées depuis 1950 » (Gemenne, 2009, p. 38).

autres. Au contraire des industries et des automobiles, les centrales thermiques forment le secteur polluant ayant le moins changé et constituent la principale source fixe d'émissions.

A grande échelle, les quartiers des grandes villes ne possèdent pas la même géographie de la pollution qu'avant. L'intégration des sources fixes dans le tissu urbain a très fortement régressé et a même presque disparu dans les centres des plus grandes villes. Les sources mobiles ont en revanche considérablement augmenté, par l'affinage des centres-villes, l'augmentation des trajets entre le domicile et le lieu de travail, par le remplacement relatif des transports en commun par les transports individuels.

Parmi les différents éléments composant la pollution atmosphérique, la poussière est le plus significatif, en particulier l'ensemble des particules fines, de moins de dix micromètres. Dans les régions industrielles, ce type de pollution a diminué, mais, dans les villes il a augmenté. A Moscou, cet accroissement a été considérable, à cause de la circulation automobile, beaucoup plus forte que la baisse due aux fermetures d'usines, si bien que la capitale avait à la fin des années 1990 une qualité d'air nettement plus mauvaise qu'à l'époque soviétique. Des mesures ont été prises dans les années 2000, pour améliorer le réglage des moteurs et commencer de lutter contre la pollution automobile.

Parmi les autres types de pollution, les rejets de dioxyde de soufre ont assez nettement diminué pendant le dernier quart de siècle. Mais plusieurs régions restent touchées par les pluies acides, en premier lieu celles situées à la frontière avec l'Ukraine, mais aussi la Carélie, la péninsule de Kola, l'Oural, les régions de Norilsk et de Bratsk.

Au total, l'évolution des rejets de polluants dans l'atmosphère a connu une trajectoire géographique allant de la vieille région d'industries lourdes vers la grande ville de services. L'amélioration de la qualité de l'air est venue de la fermeture de nombreuses usines, ainsi que des efforts écologiques. Concernant ces derniers, l'utilisation des nouvelles énergies renouvelables que sont l'éolien et le photovoltaïque compte assez peu.

Bibliographie commentée sur le changement climatique, la pollution atmosphérique et les énergies renouvelables en Russie :

- Acot P., 2007, *Catastrophes climatiques, désastres sociaux*. Paris, PUF, coll. « La politique éclatée », 204 p.
- Acot P., 2009, *Histoire du climat*. Paris, Perrin, coll. « Tempus », 448 p.
- Agence internationale de l'énergie, 2003, *Renewables in Russia : from opportunities to reality*. Paris, OCDE, 120 p.
- Allègre C., 2010, *L'imposture climatique, ou la fausse écologie*. Paris, Plon, 295 p.
- Anderson D., 2003, « Notes de discours de l'honorable David Anderson, c.p., député, Ministre de l'environnement du Canada à la conférence mondiale sur les changements climatiques, Moscou, le 29 septembre 2003 », http://www.ec.gc.ca/media_archive/minister/speeches/2003/030929_s_f.htm
- Arezki H., 2010, *Climat, mensonges et propagande*. Paris, T. Souccar, 320 p.
- Balzter H., Ed, 2010, *Environmental change in Siberia, earth observation, field studies and modelling*. Berlin, Springer, Series « Advances in Global Change Research » vol. 40, 300 p.
- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., Garcia-Herrera R., 2011, « The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe » *Science*, vol. 331, n° 6023, publié en ligne le 17/03/2011, Science DOI:10.1126/Science.1201224
- Beltrando G., 2004, « Les vagues de chaleur » in *Les climats, processus, variabilité et risques*. Paris, A. Colin, coll. « U », 261 p. : 205-208.
- Besancenot J.-P., 1990, « Les fortes chaleurs sont-elles dangereuses ? » *La Recherche*, 223 : 930-933.
- Besancenot J.-P., 2002, « Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines » *Environnement, Risques et Santé*, 4 : 229-240.
- Bigard I., 2007, Les énergies renouvelables en Russie, un potentiel encore inexploité » *Le Courrier des Pays de l'Est*, 1064 : 23-31. Sur l'énergie éolienne et solaire en Russie.

- Billette A., 2010, « Etat d'urgence en Russie, frappée par la canicule. Un cinquième des cultures céréalières du pays ont été détruites par la sécheresse. Moscou craint une envolée des prix » *Le Monde*, 23 juillet.
- Bitjukova V.R., 2005, « Kiotskij protokol: preimuščestva i ugrozy dlja Rossii » *Geografija*, 18(3) : <http://geo.1september.ru/2005/18/3.htm>. à lire pour quiconque veut croiser les points de vue et ne pas rester prisonnier du seul regard français ou occidental sur les enjeux du protocole de Kyoto pour la Russie.
- Block D., Hejmans M.H.P.D., Schaepman-Strub G., Kononov A.V., Maximov T.C., Berendse F., 2009, « Shrub expansion may reduce summer permafrost thaw in Siberian tundra » *Global Change Biology*, 16(4) : 1296-1305.
- Bouchet-Valat M., 2010, *Le réchauffement climatique vu à travers la presse : genèse d'un débat public*. ENS Cachan et Univ. Paris IV-Sorbonne, Mémoire de master 1 en sociologie, 116 p.
- Brand D., 1987, « Les problèmes d'une société évoluée. Les problèmes de l'environnement en Union Soviétique » in *L'Union soviétique*. Paris, Sirey, coll. « Mémentos de géographie », 4^e éd., 261 p. : 221-226.
- Budyko M.I., 1971, *Klimat i žizn'*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 471 p. Par l'initiateur mondial des études scientifiques sur le changement climatique.
- Cabanne C., 1998, « Vivre loin de Moscou : l'exemple de la presqu'île de Kola » *Géographies, Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 75(1) : 76-80. Sur les pluies acides autour des grands centres industriels de la péninsule de Kola.
- Cabanne C. & Tchistiakova E., 2005, « La pollution atmosphérique » in *La Russie, perspectives économiques et sociales*. Paris, A. Colin, col. « U », 304 p. : 265-267.
- Costard F. et Gautier E., 2007, « The Lena River : main hydromorphodynamic features in a deep permafrost zone » in Gupta A., Ed, *Large Rivers, Geomorphology and Management*. New York, J. Wiley, 712 p. : 225-233.
- Costard F., Gautier E., Brunstein D., Hammadi J., Fedorov A., Yang D., Dupeyrat L., 2007, « Impact of the global warming on the fluvial thermal erosion over the Lena River in Central Siberia » *Geophysical Research Letters*, 34, en ligne.
- Dab W. et Roussel I., 2001, *L'air et la ville*. Paris, Hachette, 219 p.
- Despic-Popovic H., 2003, « Protocole de Kyoto : la Russie tergiverse encore » *Libération.fr*, 30 septembre 2003, <http://www.libération.fr/monde/0101455882-protocole-de-kyoto-la-russie-tergiverse-encore>
- Dole R., Hoerling M., Perlwitz J., Eischeid J. et 5 autres auteurs, 2011, « Main culprit of deadly Russian heat wave ? Natural variability » American Geophysical Union Release, 10-11, 9 March, http://www.agu.org/news/press/pr_archives/2011/2011-10.shtm
- Doze P., Auzias D., Labourdette J.-P., Ravard F. et Rouzet J., 2002, *Moscou night and day*. Paris, Nouvelles éditions de l'Université, 160 p. Pour l'image du climat russe depuis la France.
- Durand F., 2007, *Le réchauffement climatique en débats*. Paris, Ellipses, 187 p.
- Escourrou G., 1981, *Climat et environnement, les facteurs locaux du climat*. Paris, Masson, coll. « Géographie », 182 p.
- Escourrou G., 1991, *Le climat et la ville*. Paris, Nathan, 190 p.
- Escourrou P., 1978, « Chaleur et mortalité » *Bulletin de la Section de Géographie*, 83 : 59-73.
- Evropejskoe agenstvo po ohrane okružajuščej sredy, 2004, *Okružajuščaja sreda Evropy*. Luxembourg, otdel oficial'nyh publikacij Evropejsoko soobščestva, 341 p.
- Galam S., 2008, *Les scientifiques ont perdu le Nord : réflexions sur le réchauffement climatique*. Paris, Plon, 214 p.
- Gautier E. et Costard F., 2000, « Les systèmes fluviaux à chenaux anastomosés en milieu périglaciaire : la Léna et ses principaux affluents en Sibérie Centrale » *Géographie Physique et Quaternaire*, 54(3) : 327-342.
- Gautier E., Brunstein D., Costard F., Lodina R., 2003, « Fluvialdynamics in a deep permafrost zone : the case of the middle Lena river (Central Yakutia) » in Phillips M., Springman S.M., Arenson L., Ed., *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*. Zurich, Balkema, 660 p. : 271-275.
- Gemenne F., 2009, *Géopolitique du changement climatique*. Paris, A. Colin, coll. « Perspectives géopolitiques », 256 p.
- Gerckina Ja., 2010, « 'Usol'ehimprom' zakonservirovan » *Vesti Irkutsk*, 7^o oktjabrja, <http://vesti.irk.ru/obshchestvo/2010/10/07/102746/>
- Giroux A., 1996, « Ecologie et transition en Russie : un bilan récent » *Le Courrier des Pays de l'Est*, 415 : 3-19.

- Godard A., 2001, « Changement climatique et effet de serre additionnel d'origine anthropique : un débat parfois obscur » *Annales de Géographie*, 617 : 79-89.
- Gunin P.D., Mikljaeva I.M., 2006, « Sovremennye processy degradacii i opustynivanja ekosistem vostočnoaziatskogo sektora stepej i lesostepej » in Kasimov N.S., Klige R.K., Red., *Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy*. Moskva, Naučnyj mir, tom 2, 776 p. : 389-412.
- Hromov S.P., Petrosjanc M.A., 2004, « Mikroklimat goroda » in *Meteorologija i klimatologija*. Moskva, Koloss, 6^e izd., 584 p. : 485-487.
- Huet S., 2010, *L'imposteur, c'est lui, réponse à Claude Allègre*. Paris, Stock, 189 p.
- Istomin V.A., Jakušev V.S., 1992, *Gazovye gidraty v prirodnyh uslovijah*. Moskva, Nedra, 236 p.
- Jégo M., 2010, « Après les feux, la Russie face à la question climatique » *Le Monde*, 24 août.
- Jouzel J. & Debroise A., 2007, *Le climat : jeu dangereux. Dernières nouvelles de la planète*. Paris, Le Pommier, coll. « Quai des sciences » 220 p.
- Kandel R., 2010, *Le réchauffement climatique*. Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 128 p.
- Karas J., 2004, « Russia and the Kyoto protocol: political challenges » *Royal Institute of International Affairs Paper*, 17th March, 15 p.
- Kasimov N.S., Klige R.K., Red., 2006, *Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy*. Moskva, Naučnyj mir, tom 1, 696 p., tom 2, 776 p.
- Kempf H., 2003, « Feu le protocole de Kyoto ? » *Le Monde*, 9 octobre.
- Kislov A.V., 2006, « Izmenčivost' klimata vnetropičeskikh širok » in Kasimov N.S., Klige R.K., Red., *Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy*. Moskva, Naučnyj mir, tom 1, 696 p. : 175-184.
- Kolossov V. et Treïvich A., 2007, « La situation géopolitique de la Russie » in Thorez P., Dir., *La Russie*. Paris, Sedes/Cned, 381 p. : 228-259.
- Komarov B., 1981, *Le rouge et le vert, la destruction de la nature en URSS*. Traduction française de Karlinsky B., Paris, Seuil, 218 p.
- Koniščev V.N., 2006, « Sovremennye tendencii razvitija kriolitozony » in Kasimov N.S., Klige R.K., Red., *Sovremennye global'nye izmenenija prirodnoj sredy*. Moskva, Naučnyj mir, tom 1, 696 p. : 489-506. Synthèse fondamentale des travaux russes concernant l'influence du changement climatique sur le pergélisol.
- Korobkin V.I., Peredelskij L.V., 2005, « Antropogennye vozdejstvija na atmosferu » in *Ekologija v voprosah i otvetah*. Rostov-na-Donu, Feniks, 380 p. : 163-177.
- Korppoo A., Karas J., Grubb M., Ed, *Russia and the Kyoto protocol, opportunities and challenges*. Chatham House, 174 p.
- Krzyzanowki M., 2005, « Zagrzaznenie vozduha tvërdymi vzvešennymi častitami : kakoj vred ono nanosit zdarov'ju » in *Fakty i cifry ERB VOZ/04/05, Vsemirnaja Organizacija Zdravoohranjenja*, 4 p.
- Lamarre D., Dir., 2008, *Climats et risques. Changements d'approches*. Paris, Tec & Doc, 170 p.
- Latsa A., 2010, « La Russie entre canicule climatique et agression médiatique », 28 août, <http://www.polemia.com/article.php?id=3051>
- Le Treut H. & Jancovici J.-M., 2009, *L'effet de serre. Allons-nous changer le climat ?* Paris, Flammarion, coll. « Champs », 222 p.
- Loginov V.F., 2008, *Global'nye i regional'nye izmenenija klimata. Pričiny i sledstvia*. Tetrasistem, 496 p.
- Malet, C. de, 2003, « Le Protocole de Kyoto entre les mains de Poutine » *Le Figaro*, 30 septembre.
- Mandrillon M.-H., Dir., 1989, « Environnement et politique en URSS », numéro 621 de *Problèmes politiques et sociaux*, La Documentation française : 64 p.
- Mandrillon M.-H., 2005a, « La polémique sur la ratification du protocole de Kyoto en Russie : poids des réseaux soviétiques et nouveaux dilemmes » *Revue d'Etudes Comparatives Est-Ouest*, 36(1) : 179-205.
- Mandrillon M.-H., 2005b, « La Russie et le protocole de Kyoto : une ratification en trompe-l'œil » *Critique Internationale*, 29 : 37-47.

- Mandrillon M.-H., 2008, « Debating Kyoto: soviet networks and new perplexities » in White S., Ed, *Media, culture and society in Putin's Russia*. Basinstoke, Palgrave MacMillan : 133-153.
- Mandrillon M.-H., 2010, « La Sibérie brûle aussi » *Pour la Science*, 396 : 64.
- Mandrillon M.-H., 2010, « La Russie face à l'environnement : une ambiguïté durable » in Favarel-Garrigues G. & Rousselet K., Dir., *La Russie contemporaine*. Paris, Fayard, coll. « Les grandes études internationales », 550 p., à paraître.
- Matveev L.T., 2004, « Tumany i smogi v gorodah » in Hromov S.P., Petrosjanc M.A., *Meteorologija i klimatologija*. Moskva, Koloss, 6^e izd., 584 p. : 487-489.
- Ministère des Affaires Etrangères de la Fédération de Russie, Département de l'Information et de la Presse, 2003, « Intervention de V.V. Poutine, Président de la Fédération de Russie, à l'ouverture de la Conférence mondiale de la modification du climat, Moscou, le 29 septembre 2003 » *Bulletin quotidien d'information*, 30-09-2003, <http://www.in.mid.ru/bl.nsf/953984b5d5bfb35fc3256def0051fa24/e8f282f34cf0471b43256db10037321f?OpenDocument>.
- Miossec A., 2010, « Mers et littoraux entre recherche scientifique et émotions médiatiques : faut-il craindre la montée des eaux ? », *La Géographie*, 1535 : 7-19.
- Mnatsakanian R., 1994, « Pollution de l'air » in *L'héritage écologique du communisme dans les républiques de l'ex-URSS*. Paris, Frison Roche, 286 p. : 25-27.
- Murray C. & Lopez A., 2002, Dir., *Rapport sur la santé dans le monde, 2002. Réduire les risques et promouvoir une vie saine*. Genève, Organisation Mondiale de la Santé, 262 p. Version russe *Doklad o sostajanii zdravoohraneniya v mire 2002 g. Umen'senie riska, sodejstvije zdorovomu obrazu žizni*. Vsemirnaja Organizacija Zdravoohraneniya, résumé de la version russe en ligne <http://www.who.int/>
- Natowicz H., 2010, « Offensive médiatique contre un pays en flammes » *Impressions russes*, 11 août, <http://impressionsrusses.wordpress.com/2010/08/11/offensive-mediatique-contre-un-pays-en-flammes/>
- Nisbet E.G., 2002, « Have sudden large releases of methane from geological reservoirs occurred since the Last Glacial Maximum and could such releases occur again ? » *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series A, Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 360 : 581-607.
- Nougayrède N., 2003, « M. Poutine exclut une ratification rapide du protocole de Kyoto par la Russie » *Le Monde*, 1^{er} octobre.
- Onuchin A., Burenina T., 2010, « Climatic and geographic patterns of spatial distribution of precipitation in Siberia » in Balzter H., Ed, *Environmental change in Siberia, earth observation, field studies and modelling*. Berlin, Springer, Series « Advances in Global Change Research » vol. 40, 300 p. : 193-210.
- Ouvaroff N., 2010, « Incendies en Russie. Le 'Tchernobyl' de Poutine » Morlaix, *Le Télégramme.com*, 19 août, <http://www.letelegramme.com/ig/generales/france-monde/monde/incendies-en-russie-le-tchernobyl-de-poutine-19-08-2010-1023308.php>
- Paulet J.-P., 2007, « L'homme et la nature en Russie : de l'idéologie soviétique à la crise économique actuelle » in Wackermann G., Dir., *La Russie en dissertations corrigées et dossiers*. Paris, Ellipses, coll. « Capes/Agrégation », 240 p. : 84-92.
- Pissart A., 2006, « Les hydrates de méthane : réserve énorme d'énergie et danger climatique potentiel » *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 48 : 7-17.
- Pliouchtch L., 1981, « L'économie politique du pillage » in Komarov B., 1981, *Le rouge et le vert, la destruction de la nature en URSS*. Paris, Seuil, 218 p. : 195-214.
- Quentin F., 2003, « Protocole de Kyoto : la Russie tergiverse », *RFI*, 30 septembre, http://www.rfi.fr/actufr/articles/045/article_25249.asp
- Radvanyi J., 1996, 2000, 2004, 2007, « La pollution de l'eau et de l'air » in *La nouvelle Russie*. Paris, A. Colin, col. « U », 406 p. : 40-42, 2^e éd., 418 p. : 47-50, 3^e éd., 418 p. : 47-50, 4^e éd., 463 p. : 51-54.
- Radvanyi J., 2007, « La Russie, Kyoto et le réchauffement climatique » in *La nouvelle Russie*. Paris, A. Colin, col. « U », 4^e éd., 463 p. : 44-45.
- Rossi G., 2010, « Brève histoire d'une réussite : le réchauffement climatique » *La Géographie*, 1535 : 20-29.
- Shahgadenova M., 2002, « Climate change within historical period: sources of information » in Shahgadenova M., Ed, *The physical geography of Northern Eurasia*. Oxford University Press, 571 p. : 91-100.

- Salomon J.-N., 2003, « La contamination nucléaire en Russie et Sibérie » in *Danger pollutions !* Bordeaux, Presses universitaires, 171 p. : 140-142.
- Scarwell H.-J. & Roussel I., Dir., 2010, *Le changement climatique. Quand le climat nous pousse à changer d'ère.* Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion, 358 p.
- Šmakín A.B., 2010, « Žara-2010 » Institut Geografii Rossiskoj Akademii Nauk, <http://igras.ru/index.php?r=19&id=11840>
- Solomon S., Čin D., Mènníng M., Red., 2007, *Izmenenie klimata, 2007 g. Fizičeskaja naučnaja osnova. Režjumè dlja politokov, tehničeskoe režjume i často zadavaemye voprosy.* WMO i UNEP, Vklad Rabočej gruppy I v Četvèrtij doklad Meždupravítel'stvennoj gruppy èkspertov po izmeneniju klimata ob ocenkah, 163 p.
- Solomon S., Qin D., Manning M., Dir., 2007, *Changements climatiques 2007. Les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs, résumé technique et questions fréquentes.* WMO & UNEP, Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 158 p.
- Sturm M., 2010, « La toundra, la taïga et le réchauffement climatique » *Pour la Science*, 396 : 58-65.
- Tabeaud M., 2008, « Les variabilités climatiques », in *La climatologie générale.* Paris, A. Colin, 3^e éd., 128 p. : 89-116.
- Tchebakova N.M., Parfenova E.I., Soja A.J., 2010, « Potential climate-induced vegetation change in Siberia in the 21st century » in Balzter H., Ed, *Environmental change in Siberia, earth observation, field studies and modelling.* Berlin, Springer, Series « Advances in Global Change Research » vol. 40, 300 p. : 67-82.
- Thorez P., 2007, « Les rejets de polluants dans l'atmosphère » in *La Russie.* Paris, Sedes / Cned, 381 p. : 45-46.
- Tissot B., 2003, *Halte au changement climatique !* Paris, O. Jacob, 296 p.
- Touchart L., 1998, « La protection du bassin atmosphérique » in *Le lac Baïkal.* Paris, L'Harmattan, 240 p. : 115-116.
- Touchart L., 2010, « La sécheresse et les feux de taïga » in *Les milieux naturels de la Russie.* Paris, L'Harmattan, 460 p. : 178-188.
- Ušakov S.A., Komarova N.G., Píkalova L.E., Píkalov A.V., Ageeva T.A., 1999, *Voda i vozduh Moskvyy.* Moskva, Muzej Zemlevedenija MGU, 150 p. Le chap. 4 est consacré à l'étude du microclimat urbain moscovite.
- Van Vliet-Lanoe, « Le pergélisol, ou permafrost », Institut polaire français Paul-Émile Victor, http://www.institut-polaire.fr/ipev/documents/le_pergelisol_ou_permafrost, consulté le 20 février 2011.
- Veyret Y. & Pech P., 1997, « Contraintes, aléas et risques climatiques » in *L'homme et l'environnement.* Paris, PUF, coll. « Premier cycle », 423 p. : 135-174.
- Vignaud J.-P., 2000, « La querelle du changement global » in *Géoclimatologie.* Paris, Ellipses, coll. « Universités Géographie », 334 p. : 314-320.
- Vasil'ev V.G., Makogon Yu.F., Trebin, F.A., Trofímuk A.A., Čerskij N.V., 1970, « Svoystvo prirodnyh gazov nahodit'sja v zemnoj kore v tvèrdom sostojanii i obrazovyvat' gazogidratnye zaleži » in *Otkrytija v SSSR, 1968-1969 gg.* Moskva, CNIPI, sbornik : 15-17. L'article pionnier de la découverte des gaz sous forme solide dans le pergélisol.
- Yakushev V.S. et Chuvilin E.M., 2002, « Natural gas and gas hydrates accumulations within permafrost in Russia » *Cold Regions Science and Technology*, 31(3) : 189-197.
- Zherebtsov G.A., Kovalenko V.A., Molodyh S.I., 2005, « The physical mechanism of the solar variability influence on electrical and climatic characteristics of the troposphere » *Advances in Space Research*, 35 : 1472-1479.
- Zubakin V.A., Kulakov A.V., Nyrkovskij V.V., Nikolaev V.G., Šein V.Ja., 2008, « Opyt i perspektivy vozvedenija Kalmyckoj VES na baze VEU megavattnoj možnosti otečestvennogo proizvodstva » *Malaja ènergetika*, 1-2 : 68-71.

Bibliographie comparative avec d'autres pays du froid et d'autres pays ayant été soumis à une canicule :

- Arcand B., 1999, *Abolissons l'hiver.* Montréal, Boréal, 114 p.
- Collet V., 2005, *Canicule 2003. Origines sociales et ressorts contemporains d'une mort solitaire.* Paris, L'Harmattan, 185 p.

- Courville S., 2000, *Le Québec, genèses et mutations du territoire*. Presses de l'Université Laval, 508 p.
- Deffontaines P., 1957, *L'homme et l'hiver au Canada*. Paris, Gallimard, coll. « Géographie humaine » n° 27, 293 p.
- Hamelin L.-E., 1969, « Amplitude thermique et nordicité » in *Le Canada*. Paris, PUF, col. « Magellan », 300 p. : 3-61. Pour les relations entre homme et climat voir en particulier chap. 1, 4 : « Sensibilité de l'organisme au climat » pp. 19-21.
- Hamelin L.-E., 1975, *Nordicité canadienne*. Montréal, Hurtubise, coll. « Cahiers du Québec, Géographie », 444 p.
- Lamontagne S.-L., 1983, *L'hiver dans la culture québécoise (XVII e – XIX e siècles)*. Québec, Institut québécois de recherche sur la culture, 194 p.
- Pelletier J., 1995, « Les conséquences de l'hiver et du froid » in *Diversité du Canada*. Paris, Masson, 160 p. : 13-17.
- Rougerie G., 2000, *L'homme et son milieu, l'évolution du cadre de vie*. Paris, Nathan, coll. « fac. Géographie », 288 p.