

Les cahiers
techniques du

Nord - Pas-de-Calais

Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie



Baïsser de 20% les émissions de gaz à effet de serre
Baïsser de 20% la consommation énergétique

Améliorer la qualité de l'air
Multiplier par 3 la part des énergies renouvelables
dans la consommation régionale

Projet SRCAE NPdC
version du 02/01/2012

So m m a i r e

CAHIER TECHNIQUE N°1. POINTS DE REPERE SUR LA REGION NORD-PAS-DE-CALAIS.....	4
EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE.....	4
<i>Une population essentiellement urbaine et inégalement répartie sur le territoire</i>	5
<i>Une population marquée par sa jeunesse</i>	6
<i>Une population fortement touchée par la fragilité et la précarité sociales</i>	6
PROFIL ECONOMIQUE	8
<i>La quatrième région industrielle française</i>	8
<i>La montée du secteur tertiaire et le maintien de l'activité artisanale.....</i>	9
<i>Une région agricole, malgré un recul récent</i>	10
OCCUPATION DES SOLS	11
<i>Une région fortement artificialisée</i>	11
<i>Un parc de logements dominé par l'habitat individuel</i>	12
<i>Les surfaces agricole et forestière</i>	13
<i>Des milieux naturels ouverts en diminution</i>	14
CAHIER N° 2. PERIMETRES DE COMPTABILISATION ET METHODOLOGIE DU SRCAE DU NORD-PAS-DE-CALAIS	15
BILAN ENERGETIQUE.....	15
<i>Principes</i>	15
<i>Approche spécifique pour le bilan énergétique du transport de marchandises</i>	16
<i>Bilan.....</i>	17
BILAN DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE (GES).....	18
<i>Les gaz à effet de serre considérés</i>	18
<i>Préalable : un point sur les méthodes d'évaluation d'émissions de gaz à effet de serre</i>	18
A. <i>Quelle comptabilité des émissions liées à l'électricité ?</i>	20
B. <i>Quelle comptabilité des émissions liées à la combustion du bois et des matières organiques ?.....</i>	20
<i>Quelle comptabilité des émissions liées à l'usage des agrocarburants ?.....</i>	21
C. <i>Quelle comptabilité des émissions liées aux « produits entrants » / « importations » ?.....</i>	23
D. <i>Quelle méthode pour l'évaluation de l'occupation des sols ?.....</i>	23
E. <i>Quelle comptabilité du contenu carbone stocké dans les sols (forêts, prairies, cultures) et la biomasse ligneuse et de ses évolutions en cas changements d'affectation des sols ?.....</i>	25
TRAITEMENT DE LA QUESTION QUALITE DE L'AIR.....	30
BILAN DES ENERGIES RENOUVELABLES	31
PERIMETRES COMPTABLES SPECIFIQUES POUR LA SCENARISATION	32
HYPOTHESES DE SCENARISATION	35
<i>Hypothèses du territoire.....</i>	35
<i>Hypothèses sectorielles</i>	38
CAHIER N°3. QUALITE DE L'AIR ET IMPACTS EN NORD-PAS-DE-CALAIS.....	54
LE DISPOSITIF DE SUIVI ET D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR EN REGION NORD-PAS-DE-CALAIS	54
<i>Le zonage de surveillance et les stations de mesures.....</i>	55
<i>Les outils de modélisation de la qualité de l'air et des émissions polluantes.....</i>	57
CADRAGES REGLEMENTAIRES : SRCAE ET QUALITE DE L'AIR	58
<i>SRCAE et objectifs sur la qualité de l'air.....</i>	58
<i>Les polluants réglementés.....</i>	59
<i>La place de la région Nord-Pas-de-Calais dans le contentieux européen.....</i>	63
PRINCIPAUX REPERES SUR LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR L'ANALYSE DE LA QUALITE DE L'AIR ET DE SES IMPACTS EN REGION NORD-PAS-DE-CALAIS	64
<i>La qualité de l'air dépend de nombreux facteurs</i>	64
<i>Analyse des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé humaine.....</i>	70
<i>Les polluants atmosphériques visés par le SRCAE et leurs effets sur la santé et les écosystèmes.....</i>	71
<i>Les principaux résultats des études sanitaires locales.....</i>	80
<i>Les effets probables du changement climatique sur la qualité de l'air</i>	83
IDENTIFICATION DES ZONES SENSIBLES A LA QUALITE DE L'AIR (PM10 ET OXYDES D'AZOTE) EN NORD-PAS-DE-CALAIS	89
LES ZONES D'ACTION PRIORITAIRE POUR LA QUALITE DE L'AIR (ZAPA)	92

Cahier technique n°1. Points de repère sur la région Nord-Pas-de-Calais

La Région Nord-Pas-de-Calais compte 12 414 km², soit 2,3% du territoire français.

Sa bordure littorale importante (140 km), son faible relief et sa situation géographique en font une voie de communication naturelle entre l'Europe du nord et l'Europe méridionale.

Elle est une des régions les plus peuplées et économiquement dynamiques de France, ce qui n'a pas été sans impact sur son environnement urbain et rural (pollution des sols, paysages, risques miniers...).

Avec 72% de la surface en terres agricoles, le territoire régional est ainsi historiquement une région d'agriculture diversifiée et intensive. Par ailleurs, 150 ans d'industrialisation ont fortement impacté l'urbanisation du territoire. Les espaces naturels de la région sont relictuels, mais très variés et originaux. La forêt n'occupe que 7% de l'espace régional (contre une moyenne nationale d'environ 28,4%), ce qui fait du Nord-Pas-de-Calais une région très faiblement boisée.

Pour aborder les différentes caractéristiques du territoire régional, seront successivement abordés dans ce cahier technique :

- les grandes évolutions démographiques régionales
- le profil économique du territoire
- les spécificités de l'occupation des sols en Nord-Pas-de-Calais.

Evolution démographique

Au 1^{er} janvier 2007, le Nord-Pas-de-Calais comptait 4 021 700 habitants (6,3% de la population nationale), soit une légère augmentation par rapport au recensement de 1999. Même si le poids relatif de la région s'affaiblit, il reste important : elle est la 4^{ème} région la plus peuplée parmi les 22 régions de la métropole et la 2^{ème} région la plus dense (324 habitants au km²).

Le département du Nord comprend 2 564 954 habitants, et est le plus peuplé en France, le département du Pas-de-Calais compte 1 456 726 habitants.

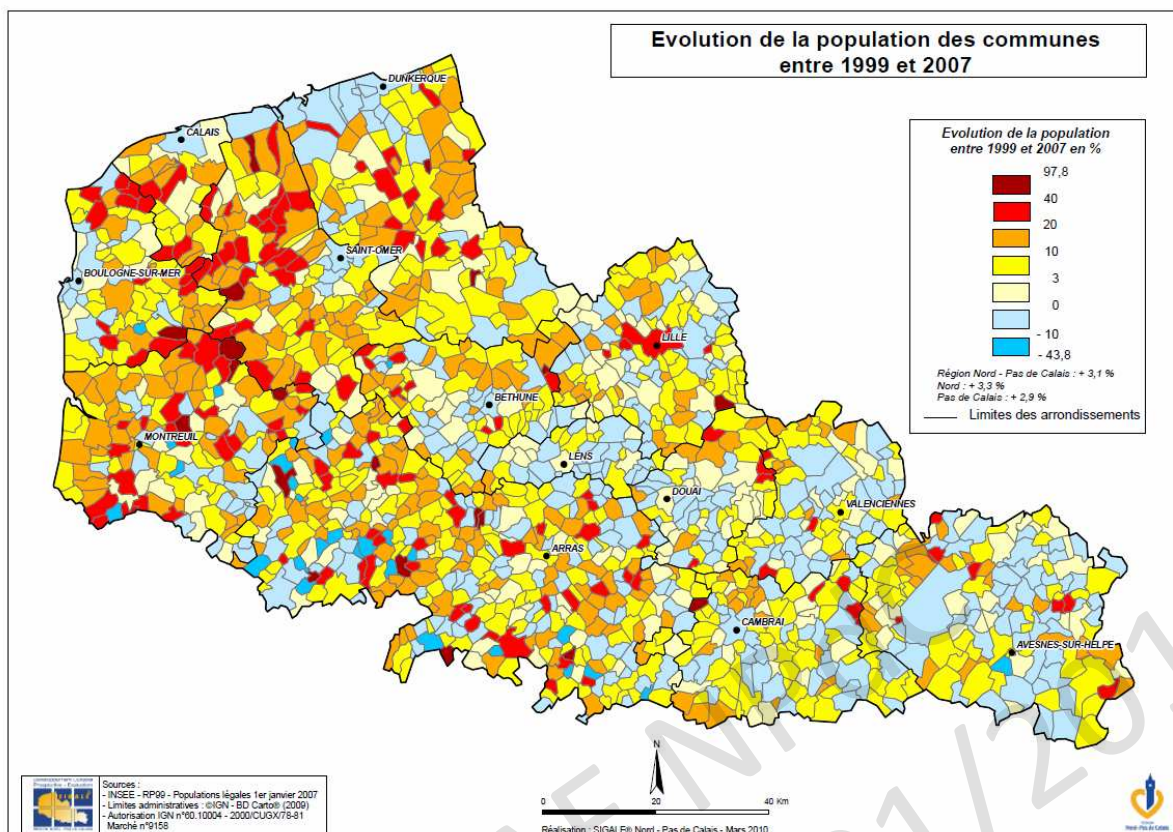


Figure 1 - Evolution démographique communale en Nord-Pas-de-Calais entre 1999 et 2007 (Sigale)

Une population essentiellement urbaine et inégalement répartie sur le territoire

Historiquement, les habitants sont inégalement répartis sur le territoire régional du fait de la topologie et de la répartition des bassins d'emploi. Le Nord héberge environ 64 % des habitants du Nord-Pas-de-Calais alors qu'il couvre 46 % de la superficie régionale. L'essentiel de la population se situe dans la métropole lilloise, l'ancien bassin minier et la partie septentrionale du littoral.

Depuis le recensement de 1999, la région compte environ 22 800 habitants de plus, mais l'accroissement naturel important de la région compense tout juste un solde migratoire déficitaire (le plus élevé de France).

Il s'agit d'une population essentiellement urbaine (¾ des habitants), dont l'accroissement est inégalement réparti sur l'ensemble de la région. La métropole lilloise se peuple, tandis que la zone industrielle de Dunkerque et le bassin minier se vident.

L'évolution démographique entre 1999 et 2007 vient accentuer cette inégale répartition :

- le déficit migratoire freine la progression de la population du Nord-Pas-de-Calais ;
- le Pas-de-Calais connaît une évolution démographique plus dynamique que celle du Nord ;
- dans le département du Nord, l'arrondissement de Lille concentre presque tous les gains de population ;
- dans le département du Pas-de-Calais, les arrondissements d'Arras, de Montreuil et de Saint-Omer connaissent une croissance significative.

En 2004, la population vit à 95% dans des espaces à dominante urbaine, alors que ce taux est de 82% au plan national.

Le Nord Pas-de-Calais compte **11 agglomérations de plus de 50 000 habitants** : Lille (1 190 900 hab.), Douai-Lens-Liévin (552 682 hab.), Valenciennes (400 000 hab.), Béthune (205 872 hab.), Dunkerque (191 173 hab.), Calais (104 852 hab.), Maubeuge (99 900 hab.), Boulogne-sur-Mer (92 704 hab.), Arras (94 059 hab.), Cambrai (58 828 hab.) et Armentières (58 706 hab.).

Les agglomérations de Béthune, Lens, Douai et Valenciennes (d'ouest en est), situées sur le Bassin minier qui borde le Nord des collines de l'Artois, forment aujourd'hui une conurbation continue de près d'une centaine de kilomètres, qui se poursuit en Belgique.

Une population marquée par sa jeunesse

Le Nord-Pas-de-Calais est l'une des régions les plus jeunes de France, avec 36,5% de moins de 25 ans pour une moyenne nationale de 32,4 % (recensement Insee 1999). Cette situation est principalement due à un solde naturel largement positif ainsi que par un taux élevé de mortalité régional (8,8‰ contre 8,4‰ en France).

Les taux de mortalité prématurée (34,7‰ pour les hommes et 16,2‰ pour les femmes) sont en particulier supérieurs aux moyennes françaises (respectivement 27,9‰ et 14,7‰). L'espérance de vie est toujours la plus faible de France (-2,5 ans par rapport à la moyenne française). Les principales causes de décès sont les tumeurs dont celles des voies respiratoires, et les maladies de l'appareil circulatoire souvent liées aux mauvaises conditions de travail et à une mauvaise hygiène de vie. Le taux d'alcoolisme régional, parmi les plus élevés de France, permet également d'expliquer ce taux singulièrement élevé.

Cependant, le Nord-Pas-de-Calais abrite beaucoup de personnes âgées de 60 ans ou plus, dont le nombre devrait croître selon les projections de l'Insee. La répartition intra-régionale des personnes âgées présente de grandes disparités : les espaces ruraux fortement vieillissants de l'Artois, du Cambrésis, de l'Avesnois tranchent par rapport aux espaces urbains relativement jeunes (Insee et Conseil Régional).

Une population fortement touchée par la fragilité et la précarité sociales

Le Nord-Pas-de-Calais se distingue des autres régions françaises par un **taux de chômage élevé** (12,8% au deuxième trimestre 2009 soit 3,7 points de plus qu'en moyenne nationale) et un taux d'activité chez les 15 à 64 ans plutôt faible (67% au 1er janvier 2006 contre 72% au niveau national). Le taux d'emploi des 15 à 64 ans est également en retrait notamment chez les femmes.

De plus, la part des diplômés du supérieur est inférieure de 4 points à la moyenne nationale : dans la région, 18% des 15 à 64 ans ont obtenu un diplôme de l'enseignement supérieur contre 22% en moyenne nationale (Insee).

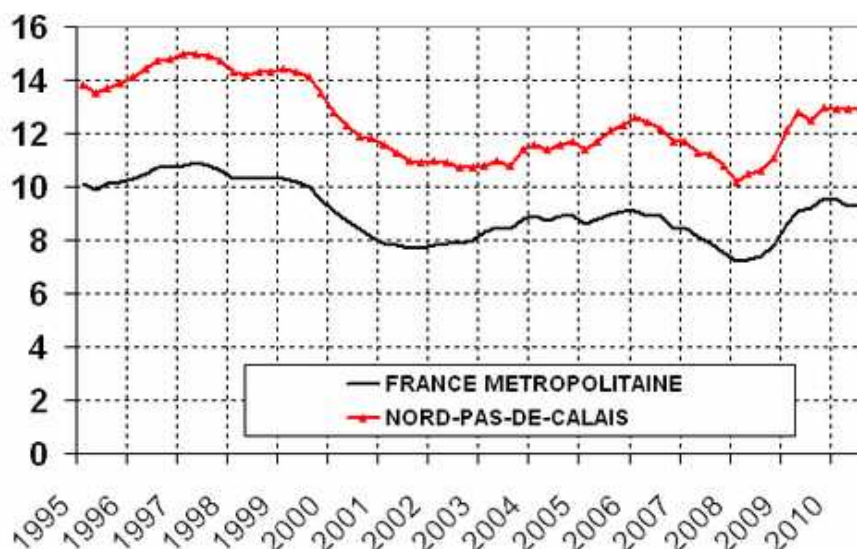


Figure 2 - Evolution du taux de chômage au Nord-Pas-de-Calais (INSEE, enquête emploi en continu, taux de chômage localisés)

Le revenu fiscal médian déclaré en 2008 est particulièrement faible en Nord-Pas-de-Calais puisqu'il s'élève à 15 800 euros, alors qu'il est de 18 129 euros en France métropolitaine.

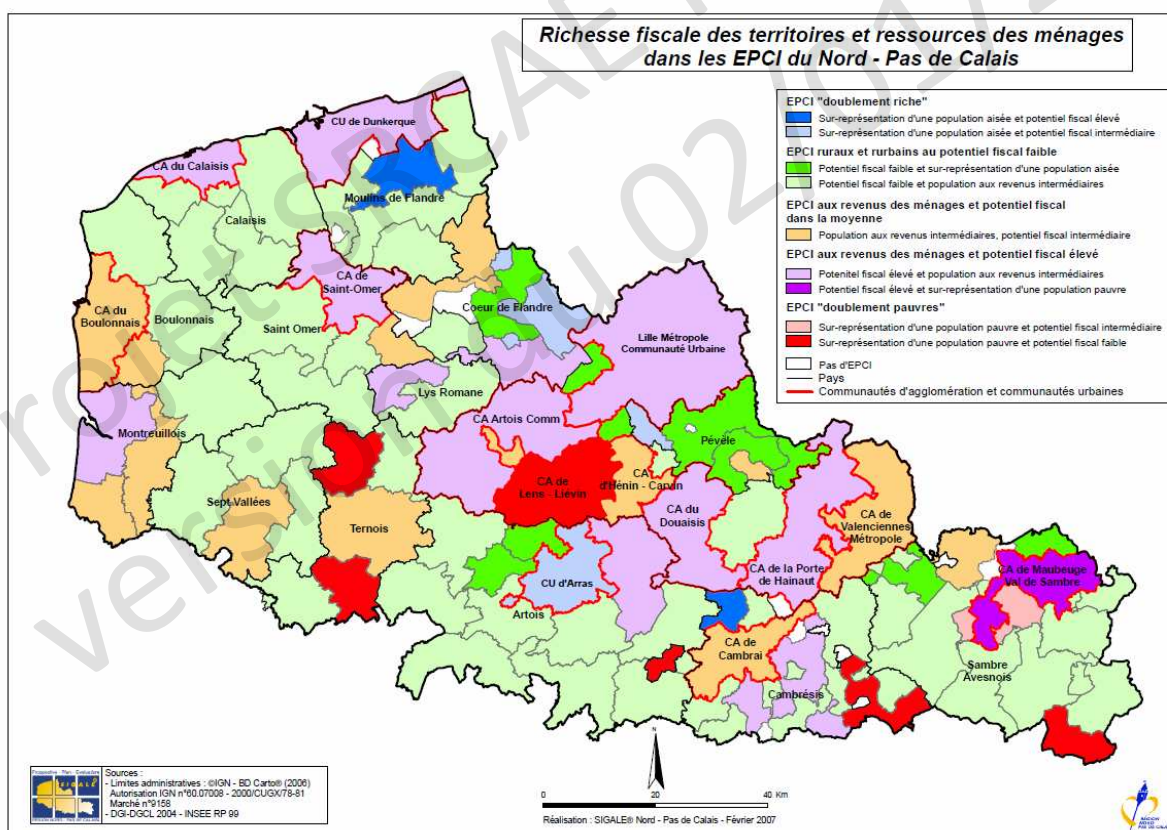


Figure 3 – Richesse fiscale des territoires et ressources des ménages dans les EPCI du Nord-Pas-de-Calais en 2007 (Sigale)

Profil économique

Les caractéristiques du système productif régional sont proches de la moyenne nationale : fin 2007, le secteur tertiaire regroupe 75% des emplois contre 23% dans le secteur secondaire (industrie et construction) et 2% dans le secteur primaire (agriculture).

La quatrième région industrielle française

Malgré des restructurations et des mutations technologiques depuis 4 décennies, le Nord-Pas-de-Calais reste doté d'un secteur industriel important et se présente aujourd'hui comme **la 4^{ème} région industrielle française**.

La région est ainsi la 1^{ère} région française pour la sidérurgie, le verre et l'industrie ferroviaire, la 2^{ème} région pour l'automobile, le papier-carton et le textile.

Elle bénéficie de la présence de centres de décision de plusieurs leaders européens et mondiaux, comme Arc International et, dans le secteur agroalimentaire, Roquette, Lesaffre, Bonduelle.

En 2007, l'industrie régionale compte près de 232 000 salariés. Elle est spécialisée dans l'automobile, la métallurgie, l'industrie ferroviaire, les industries des produits minéraux et le textile, et l'industrie agroalimentaire.

L'industrie se structure autour de 6 pôles de compétitivité : le ferroviaire et les transports terrestres ; la pêche, la transformation du poisson, l'aquaculture ; les industries du commerce ; les matériaux à usage domestique ; la santé et l'alimentation ; et enfin, le textile. A côté des filières « historiques », d'autres sont en émergence, dont les éco-activités.

Si les caractéristiques industrielles du Nord-Pas-de-Calais tendent à s'estomper, du fait notamment du développement des activités tertiaires, **le passé industriel a laissé des traces importantes sur le territoire : friches, pollution des sols, de l'eau, des sédiments, etc.** Face à l'ampleur des problèmes, les acteurs régionaux et l'Etat ont mis en œuvre des politiques volontaristes de réhabilitation s'intégrant progressivement à une action plus globale : politique de renouvellement urbain, construction d'une trame « Verte et Bleue », valorisation du patrimoine industriel et minier, développement touristique, etc. Par ailleurs, des efforts importants ont été conduits en faveur d'une production respectueuse de l'environnement, avec des activités de conseil et d'accompagnement des entreprises qui investissent en ce sens.

L'histoire de l'industrie régionale s'est, par ailleurs, caractérisée par des inégalités territoriales.

Historiquement fournisseur de l'activité minière, et utilisateur de sa production, le bassin minier présente toujours des taux d'emploi industriel élevés. Il est aujourd'hui caractérisé par la présence de grands établissements industriels, par exemple liés à l'automobile, qui entraîne un tissu de PME diversifié. Enfin, les zones plus rurales de l'ouest et du sud de la région présentent des profils variés. Certaines possèdent un riche tissu de PME, sans véritable locomotive industrielle (Arras, Boulogne, Sambre - Avesnois) ; d'autres sont au contraire marquées par la présence d'un gros employeur (Saint-Omer avec Arc International, Berck-Montreuil avec Valéo, etc.). La part de l'emploi industriel y est également hétérogène.

La montée du secteur tertiaire et le maintien de l'activité artisanale

Le Nord-Pas-de-Calais n'échappe pas, comme toutes les autres régions françaises, à la croissance de l'emploi tertiaire. En 1999, celui-ci représentait 63 % des emplois régionaux, plaçant la région 3 points en dessous de la moyenne nationale. Fin 2006, **les emplois régionaux du tertiaire représentent 75 % des emplois salariés**, situant la région à seulement 2 points de la moyenne nationale. Cette augmentation (91 000 emplois entre 1999 et 2006, soit une augmentation de 2,11% par an) a surtout profité à l'agglomération lilloise : alors qu'en 1989, un tiers des emplois lillois provenait de l'industrie, cette activité ne représentait plus qu'un emploi sur huit en 2005.

Créateur de nouvelles activités, le tertiaire bénéficie en outre de l'externalisation progressive de fonctions que les industries exerçaient auparavant. Par ailleurs, **la frontière entre industrie et services tend à disparaître**. Les TIC et la logistique sont bien des « services », mais ils font de plus en plus appel à des processus industriels, tandis que les biens matériels sont de plus en plus fréquemment assortis de services. Au sein du secteur tertiaire, le Nord-Pas-de-Calais a la particularité d'accueillir de grandes enseignes de la vente à distance et de la grande distribution.

Le Nord-Pas-de-Calais compte, au 1^{er} janvier 2011, un peu plus de **40 000 entreprises artisanales** actives (*L'artisanat de la région Nord Pas-de-Calais, Chiffres clés 2011*, Chambre de métiers et de l'artisanat), soit 4 % des entreprises artisanales nationales en 2010 (Conseil régional). Le secteur du bâtiment domine en nombre d'entreprises tant au niveau départemental que régional (14 648 entreprises). Il est suivi par le secteur des services qui totalise 14 075 entreprises. L'artisanat du Nord-Pas-de-Calais occupe un peu plus de 108 000 salariés, représentant 11 % de l'emploi salarié total de la région Nord Pas-de-Calais, selon l'UNEDIC.

Si ce secteur représente un vivier important pour la création, la reprise et la transmission d'entreprises artisanales (plus de 5 100 immatriculations par an), le Nord-Pas-de-Calais affiche le plus **faible taux d'entreprises artisanales** pour 10 000 habitants (103 contre 166 pour la métropole en 2010). Les caractéristiques de l'économie régionale et son histoire expliquent cette faible densité artisanale. Outre l'essor de filières peu ou pas artisanales, les établissements artisanaux sont de plus grande taille que la moyenne nationale (3 salariés contre 2,3 en métropole).

Une création d'entreprises essentiellement due au régime des auto-entrepreneurs

La création d'entreprises ex nihilo connaît une augmentation significative d'environ 49% soit + 1505 créations nouvelles, entre 2009 et 2010. Le taux de création d'entreprises, qui s'élève en 2009 à 18,8% en Nord-Pas-de-Calais se situe dans la moyenne des régions de France métropolitaine. Les trois quarts des créations d'entreprises relèvent des secteurs du commerce, du transport et des services divers rendus aux entreprises ou aux particuliers.

Cette croissance annuelle sensible s'explique essentiellement par l'émergence du phénomène des auto-entrepreneurs et des auto-entreprises (2009). En effet, une fois exclues les 13 500 entreprises individuelles créées sous le régime d'auto-entrepreneur, le nombre de créations d'entreprises de 2009 n'atteint plus que 10 500 (inférieur au nombre annuel de créations d'entreprises sous le régime classique observé les six années précédentes).

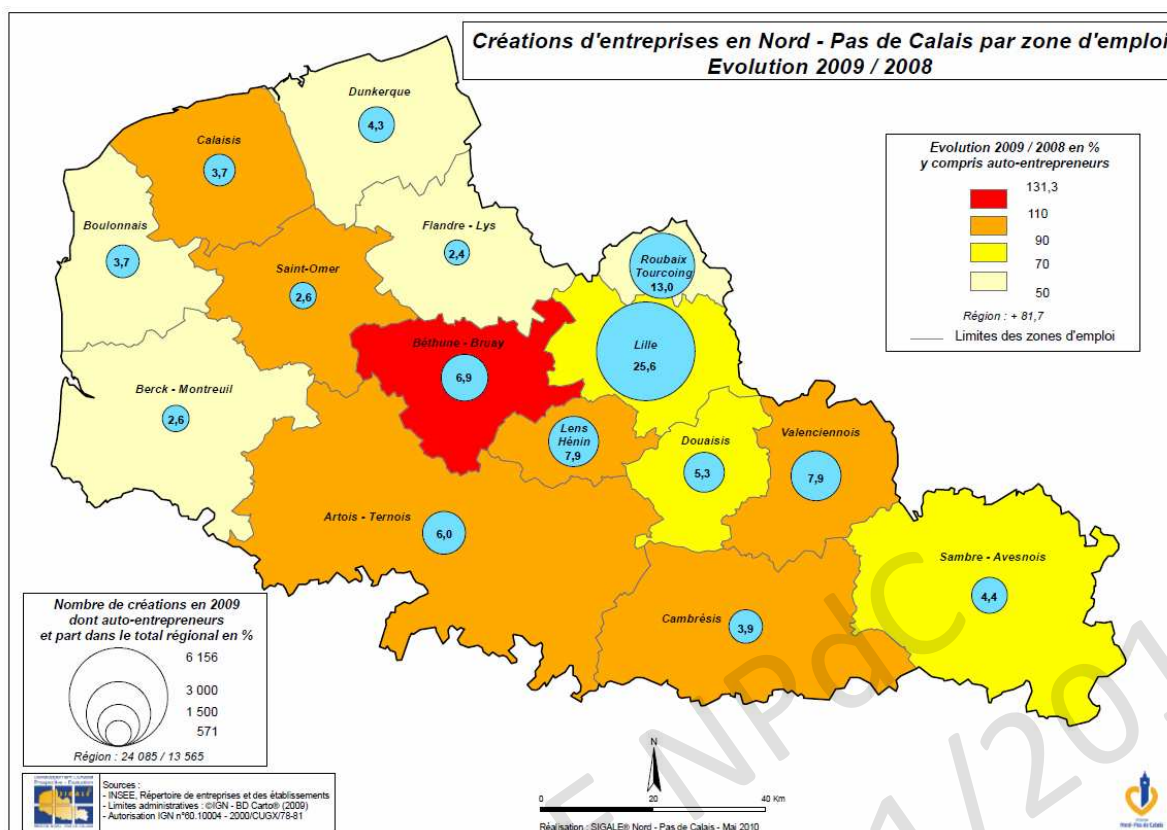


Figure 4 – Evolution de la création d'entreprises en Nord-Pas-de-Calais par zone d'emploi de 2008 à 2009 (Sigale)

Une région agricole, malgré un recul récent

Malgré leur recul, près de 66% des terres sont utilisées à des fins agricoles en 2009 alors que la moyenne nationale est de 50% en métropole (Insee).

Région traditionnelle de polyculture-élevage, l'agriculture du Nord-Pas-de-Calais se caractérise aujourd'hui encore par sa **densité d'exploitations diversifiées et par la grande variété de ses systèmes de production**. Les productions agricoles qui dominent, plus ou moins à égalité selon les années dans le produit brut régional sont : les céréales (44% de la SAU), le lait, et les légumes en intégrant la pomme de terre. Mais les autres productions, cultures industrielles (betteraves et oléo protéagineux), viande (bovine et porcine) et petits élevages sont également présentes de manière significative.

Le Nord-Pas-de-Calais est leader mondial dans la production d'endives et de chicorée, et à l'échelle nationale, l'agriculture régionale se situe dans les 1^{ers} rangs pour les productions suivantes :

- 1^{ère} région productrice de pommes de terre (37% de la production nationale) et d'endives (54% de la production nationale) ;
- 3^{ème} région pour la betterave et les légumes ;
- 4^{ème} région pour les céréales ;
- 5^{ème} région productrice de lait.

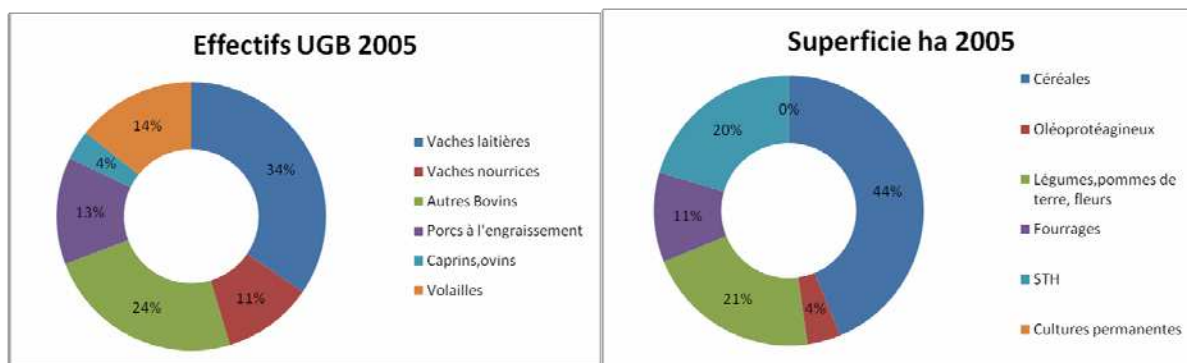


Figure 5 - Répartition géographique du cheptel et des superficies en 2005 (Agreste - Données statistiques annuelles, 2005)

Certaines tendances se détachent. Alors que **la population agricole familiale a perdu 70% de ses effectifs en trente ans, deux tiers des exploitations ont disparu**. C'est dans le Nord que la diminution est la plus importante : le département a perdu 42% de ses exploitations entre 1988 et 2000. Le rythme annuel de disparition est de 3,6% et s'est plutôt accru depuis 2000 (3,8% par an entre 2000 et 2007).

Entre 1988 et 2000, l'emploi agricole a baissé de 40%, diminution qui a continué à s'accroître depuis 2000 : on comptait en effet 28 000 actifs agricoles en 2007. La pratique du temps partiel gagne du terrain. Cependant, la formation agricole progresse.

Si on constate un faible nombre d'agriculteurs bio, il existe un potentiel de développement important de la filière biologique. En 2008, 148 fermes pratiquaient l'agriculture biologique dans le Nord-Pas-de-Calais (54% dans le Nord et 46% dans le Pas-de-Calais), soit 1,1 % des fermes de la région. Et l'année 2009 a été marquée par une augmentation de 19% des fermes certifiées « bio » dans la région.

Occupation des sols

Une région fortement artificialisée

L'espace régional, composé d'une mosaïque de territoires, est fortement urbanisé, périurbanisé et artificialisé (325 habitants au km² pour une moyenne nationale de 111 h/km²). **Le Nord Pas-de-Calais est un territoire très urbanisé, la seconde région la plus artificialisée après l'Île-de-France**. L'objet urbain est depuis plusieurs années en forte mutation sur la région :

- sur l'existant, à travers la rénovation urbaine, les logements étant particulièrement anciens et singuliers, en raison de l'héritage du passé minier et de l'importance de l'habitat social ;
- sur le neuf, notamment à travers les phénomènes d'étalement urbain et de périurbanisation.

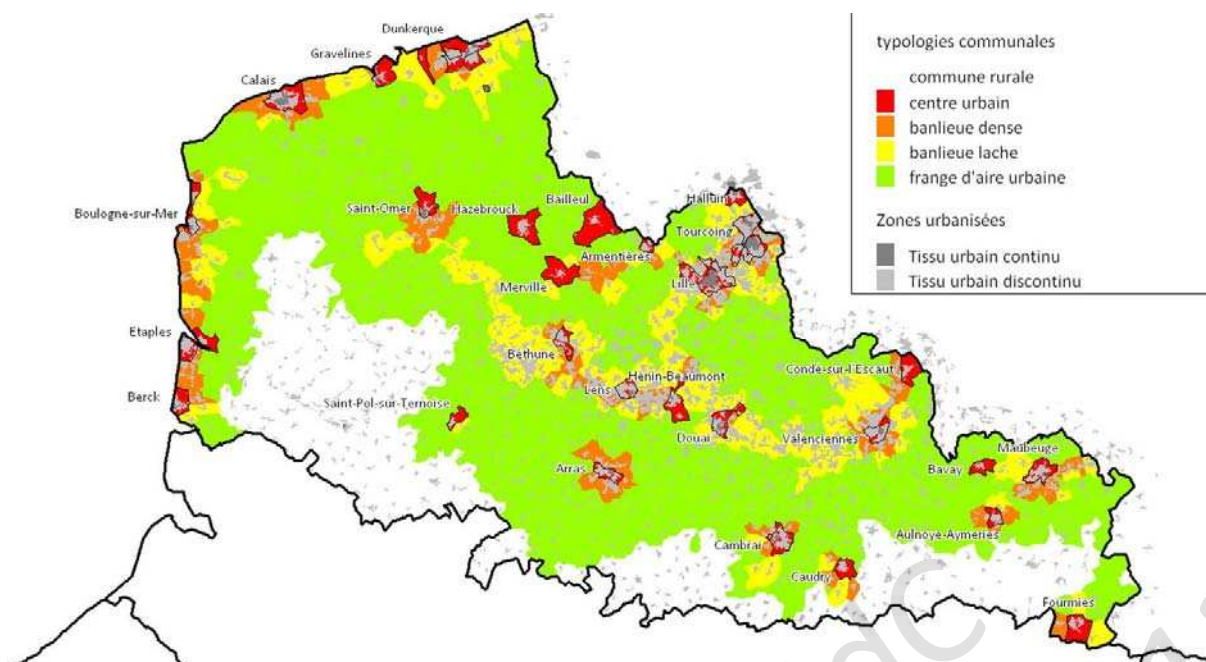


Figure 6 - Espaces urbanisés et typologies urbaines (INSEE – Corine Land Cover, réalisation : Energies Demain)

Ce phénomène de périurbanisation dans la région engendre de nombreux impacts sur les enjeux portés par le SRCAE : allongement des distances de déplacements, croissance de l'utilisation de la voiture et augmentation des phénomènes de congestions urbaines entraînant des problématiques liées à la qualité de l'air, etc.

L'artificialisation est déjà forte dans le Nord-Pas-de-Calais, avec **13 à 15% des territoires artificialisés** (pour une moyenne nationale de 8%). La reconversion des friches et sites pollués est une priorité, d'autant plus que la région se place au premier rang des régions françaises pour le nombre de sites pollués (14 % des sites connus). Il reste 150 sites pollués soit 10 000 ha de friches industrielles, c'est-à-dire la moitié des friches industrielles françaises (ADEME).

Dans ces conditions, la gestion économe de l'espace est un enjeu majeur.

La pression urbaine est particulièrement forte sur le littoral et en périphérie des grandes villes, où les terres agricoles et les espaces naturels sont souvent menacés. **La lutte contre l'étalement urbain est une priorité et les politiques publiques intègrent de plus en plus cet enjeu.**

Ainsi, le schéma régional d'aménagement durable du territoire (SRADT) réaffirme de manière forte l'intérêt du recyclage du foncier et du renouvellement urbain pour la lutte contre l'étalement urbain et la gestion économe de l'espace. Les schémas de cohérence territoriale (SCOT) en cours d'élaboration doivent également mettre en avant ces principes d'aménagement.

Un parc de logements dominé par l'habitat individuel

La culture de l'habitat individuel, comme partout en France, a contribué à cette très importante périurbanisation : un tiers seulement des habitants vivent dans le centre des agglomérations, alors que 51 % de la population régionale résident en périphérie, contre 35 % en moyenne en France.

En 2005, la région Nord-Pas-de-Calais compte environ 1 667 000 logements. **74% sont des maisons individuelles**, une part beaucoup plus élevée que la moyenne française (57%). La surface moyenne

des logements est de 92 m² (100 m² pour les maisons individuelles et 70m² pour les appartements). Les maisons sont plus petites que la moyenne nationale (107 m²), ceci s'expliquant par une forte proportion d'habitat ouvrier.

Environ 4% des logements sont des résidences secondaires et/ou logements occasionnels tandis que 6% sont des logements vacants. Ceci est bien inférieur aux moyennes nationales (respectivement 9,3% et 7,8%).

Enfin, 354 000 logements sont des HLM, ils représentent environ 21% de l'habitat (15% en France).

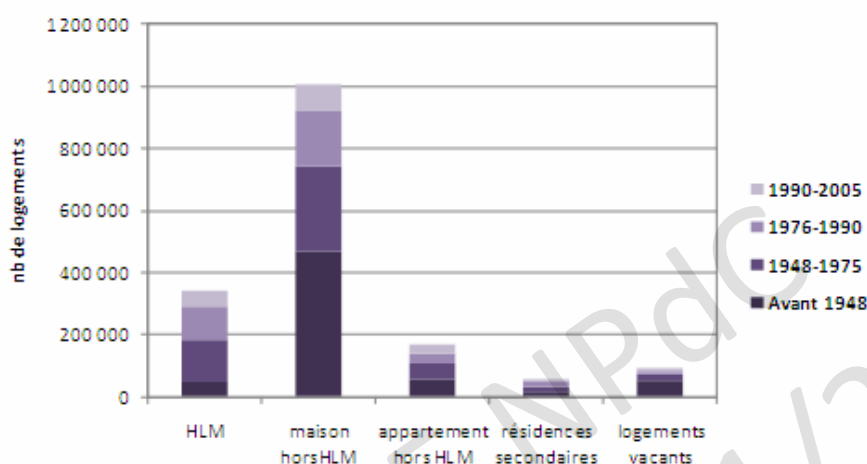


Figure 7 - Structure de l'habitat en Nord-Pas de Calais (INSEE, recensement 2006, traitement Energies Demain)

Les surfaces agricole et forestière

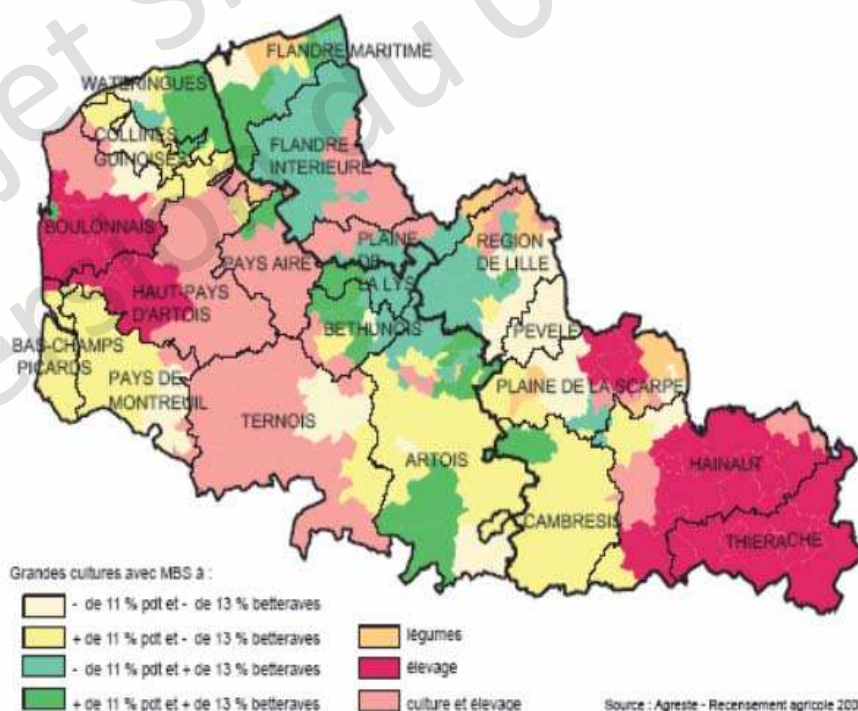


Figure 8 - Répartition géographique des grandes cultures (Agreste recensement agricole, 2000)

La superficie moyenne des exploitations agricoles est en augmentation. Elle est passée de 28 ha en 1988 à 46 ha en 2000. En 2007, la taille moyenne des exploitations professionnelles est de 76 ha. Les unités de 75 à 100 ha ont augmenté de 60%. Celles de 100 ha ont quant à elles triplé leur effectif.

La région Nord-Pas-de-Calais est la moins boisée de France. Selon l'inventaire forestier national, la forêt du Nord-Pas-de-Calais occupe 90 600 ha, ce qui représente un taux de boisement de 7,3. Ce constat est en partie dû aux conditions de milieu particulières, les sols généralement riches créent en effet une compétition avec les usages agricoles, et également à des raisons historiques (guerres). La fertilité des sols et les différences de pluviométrie ont participé à l'émergence d'une importante variété d'essences (33 % de chênes, 18% de frênes, 15% de hêtres).

Néanmoins, la dynamique actuelle est au reboisement comme en témoigne le Plan Forêt Régional qui fixe un objectif ambitieux : le doublement de la surface forestière d'ici 30 ans.

La forêt du Nord-Pas-de-Calais est détenue à 64% par des propriétaires privés, à 32 % par l'État (forêts domaniales) et à 4% par les collectivités (forêts communales). La région compte 31 240 propriétaires privés. 92% des propriétaires possèdent des surfaces inférieures à 4 ha et 1,3% des propriétaires possèdent plus de 25 ha. De fait, la forêt privée est généralement gérée sur un mode peu intensif, permettant ainsi un bon équilibre de ses différentes fonctions. Occupant 9200 ha, la populiculture, en zones plus ou moins humides est stable depuis 1988 et doit s'intégrer dans le respect du fonctionnement global des écosystèmes de zones humides.

De s milie ux nature ls ouve rts e n di minution

Le Nord-Pas-de-Calais abrite une mosaïque de milieux naturels, dont certains tout à fait originaux, contribuant fortement à la diversité biologique. Les activités humaines ont souvent altéré le capital naturel de ces milieux, mais ont aussi permis de créer des conditions favorables à l'expression de milieux spécifiques (terrils, polders, zones humides, anciennes carrières, blocages, etc.). Néanmoins, ces milieux sont aujourd'hui menacés, en régression continue ou à l'état relictuel. Les pressions subies conduisent à leur fragmentation et à leur banalisation.

Les prairies en particulier disparaissent (de 1998 à 2005, ce sont près de 5000 ha de prairies qui ont disparues, soit 2% de la surface). L'élevage bovin valorise la prairie et est une condition de leur maintien. Elles sont pour la plupart reconverties en terres cultivables. Le boisement est la seconde cause du recul des prairies, les zones naturelles humides (marais terrestres et maritimes, tourbières), productrices de méthane (CH₄) et puits de CO₂, ne représentent plus que 0,5 % du territoire (~6000 ha), sur 1/3 de plaines basses.

La protection et la gestion des espaces naturels, qui ne représentent que 13% du territoire, sont une nécessité de premier ordre car l'érosion de la biodiversité régionale n'est pas enrayée.

Cahier n° 2. Périmètres de comptabilisation et méthodologie du SRCAE du Nord-Pas-de-Calais

Ce cahier technique vise à présenter l'ensemble des hypothèses de travail retenues pour l'élaboration des bilans et des scénarios présentés dans le SRCAE du Nord-Pas-de-Calais. Il contient :

- le périmètre et les sources de données du bilan énergétique,
- le périmètre de travail du bilan des émissions de gaz à effet de serre,
- le périmètre de la scénarisation relative aux émissions de polluants atmosphériques
- la liste des énergies renouvelables considérées,
- les choix effectués pour prendre en compte l'évolution des facteurs d'émission de l'électricité dans le cadre des scénarios,
- l'ensemble des hypothèses utilisées pour la réalisation des scénarios.

L'ensemble de l'exercice utilise l'année **2005** comme situation de référence.

Bilan énergétique

Principes

Le bilan énergétique de référence du SRCAE du Nord-Pas-de-Calais est basé sur NORENER, un outil d'observation statistique créé en 1992 par le Conseil régional du Nord Pas-de-Calais pour observer la consommation d'énergie finale dans la région.

Ce bilan de référence est à « climat normal » c'est-à-dire que les consommations énergétiques sont basées sur la moyenne des températures observées ces 30 dernières années. Cette précaution méthodologique permet d'éviter de biaiser le référentiel par les conditions météorologiques particulières de l'année de référence (en particulier la rigueur de l'hiver).

Il est important de noter qu'**un écart au bilan NORENER a été réalisé dans le SRCAE afin de prendre en compte l'important transit lié au transport de marchandises** présent dans la région. Les détails de cette approche spécifique sont explicités ci-après.

Par ailleurs, deux précisions importantes relatives à l'analyse du secteur du transport dans le SRCAE du Nord Pas-de-Calais peuvent être apportées :

- Les transports aérien et maritime sont exclus de l'exercice, conformément au cadre réglementaire défini pour l'élaboration du SRCAE.
- Initialement, les consommations énergétiques dans NORENER sont fournies pour l'ensemble du secteur des transports (vente de carburants), une séparation dans le bilan

énergétique entre transports de voyageurs et transport de marchandises a été estimée à partir de la connaissance du taux de diésélisation des véhicules particuliers et des consommations de carburants.

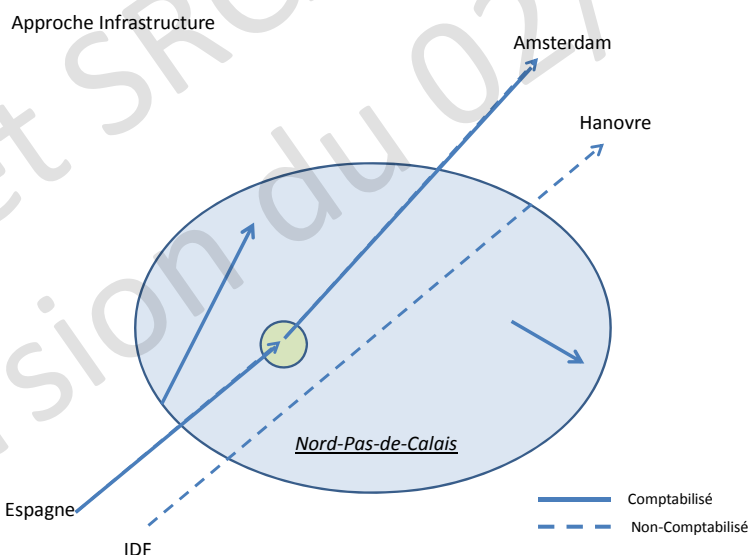
Approche spécifique pour le bilan énergétique du transport de marchandises

Dans NORENER, les consommations énergétiques liées au transport de marchandises sont évaluées à partir d'un comptage du trafic routier, fluvial et ferroviaire constaté dans la région et d'une analyse des ventes de carburants réalisées dans la région.

Cette approche ne prend pas en compte les flux de marchandises vers ou en provenance de la région suscités par les activités économiques et les habitants du Nord Pas-de-Calais.

Une autre approche comptable, qualifiée d'approche « infrastructure » ou « mobilité des marchandises », a donc été utilisée dans le cadre du SRCAE. Cette méthode permet de prendre en compte l'ensemble des flux réels de marchandises attirés et générés par le territoire, et sur tous les modes, depuis leur dernière rupture de charge. Elle est fondée sur l'exploitation de la base de données SiTRAM, complétée par des données EUROSTAT afin de prendre en compte les circulations routières sous pavillons étrangers (non comptabilisées dans SiTRAM).

Cette approche a été appliquée sur les résultats du bilan existant et intégrée dans le bilan énergétique de la région (et son corollaire en émissions de gaz à effet de serre). Les flux de marchandises ainsi pris en compte dans le SRCAE sont présentés ci-dessous :



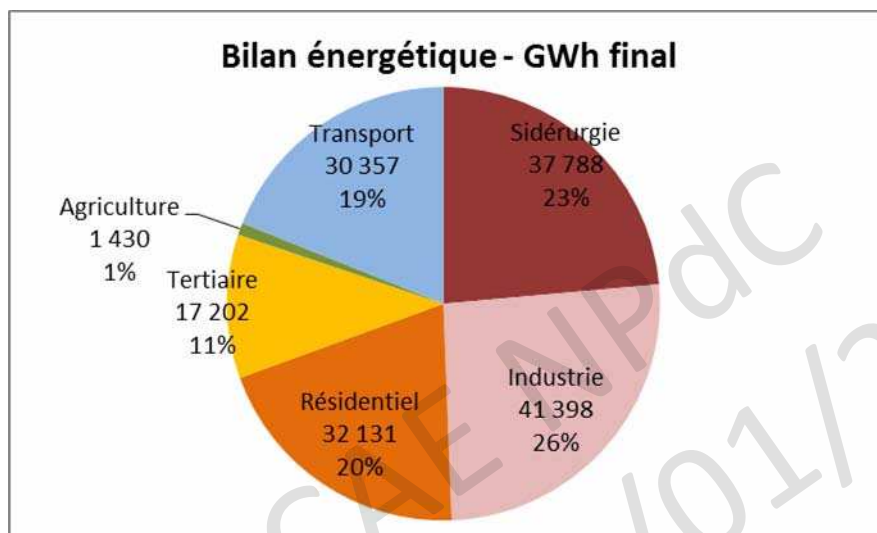
Ce schéma met en évidence que les flux de transit ne sont pris en compte que lorsqu'il y a rupture de charge sur le territoire régional. Les flux de « transit pur » sont ainsi exclus de la comptabilité, ce qui se justifie par deux raisons :

- leur prise en compte est susceptible de générer un double compte avec les autres régions qui adopteraient le même système de comptabilisation ;

- les leviers d'actions pour agir sur ces flux ne sont pas disponibles en région et ne présentent donc que peu d'intérêt stratégique dans le cadre du SRCAE, à l'inverse des flux de transit avec rupture de charge qui sont des « cibles » idéales pour le transfert modal.

Bilan

Au regard de ces choix méthodologiques, le bilan des consommations énergétiques finales de la région Nord Pas-de-Calais en 2005 est le suivant :



en Gwh final	CU / Vapeur	CMS	Produit Pétroliers	Gaz	Electricité	Bois et ENR	Total	%	% hors-sidérurgie
Sidérurgie	12	30 872	87	2 424	4 393	0	37 788	24%	
Industrie	1 495	3 891	3 547	20 769	11 697	0	41 398	26%	34%
Résidentiel	355	1 820	5 342	16 657	6 767	1 191	32 131	20%	26%
Tertiaire	488	0	5 679	4 570	6 465	0	17 202	11%	14%
Agriculture	0	0	1 256	35	140	0	1 430	1%	1%
Transport	0	0	29 326	0	1 031	0	30 357	19%	25%
Total	2 350	36 583	45 237	44 455	30 493	1 191	160 307		
%	1%	23%	28%	28%	19%	1%	100%		
Total hors-sidérurgie	2 338	5 710	45 150	42 030	26 100	1 191	122 519		
% hors-sidérurgie	2%	5%	37%	34%	21%	1%	100%		

Bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les gaz à effet de serre considérés

Les 6 gaz du protocole de Kyoto sont considérés dans le bilan des émissions de gaz à effet de serre du SRCAE Nord-Pas-de-Calais : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), l'hydrofluorocarbure (HFC), l'hydrocarbure perfluoré (PFC), et l'héxafluorure de soufre (SF₆).

Préalable : un point sur les méthodes d'évaluation d'émissions de gaz à effet de serre

Les méthodes de comptabilité territoriale des émissions de GES peuvent être classées en deux grands types : les méthodes cadastrales et les méthodes de bilan. Cette double approche est similaire en ce qui concerne la qualité de l'air.

Les méthodes cadastrales

Ces méthodes consistent à estimer et spatialiser des émissions de différentes natures : CO₂, polluants, etc.

Leur principe clé est d'attribuer et de localiser les émissions à l'endroit où elles sont émises afin de pouvoir disposer d'une vision spatialisée des émissions, et permettre à terme l'utilisation de modèles prédictifs sur les pics de polluants.

Par abus de langage, les émissions évaluées par ces méthodes sont souvent qualifiées « d'émissions directes », car il s'agit d'émissions ayant lieu directement sur le territoire (au sens géographique du terme).

Ces méthodes sont mises en œuvre à l'échelle nationale par le CITEPA et aux échelles régionales par les AASQA. Historiquement conçues pour assurer une surveillance de la qualité de l'air, elles permettent d'assurer la comparabilité et l'additivité des émissions observées dans les différentes régions françaises.

De nombreuses régions, dont la région Nord Pas-de-Calais, disposent ainsi d'un inventaire cadastral permettant de spatialiser l'ensemble des émissions de polluants et de GES.

A ce jour, l'ensemble des chiffres produits en région, notamment par atmo, est défini selon une méthode de type cadastral.

A noter que **c'est à partir de cette méthode que sont évaluées les émissions de polluants et de gaz à effet de serre à l'échelle nationale**. Cette méthode sert en effet de référence pour le suivi des engagements internationaux. Elle est aujourd'hui particulièrement reconnue et normalisée, et fait l'objet d'un cadre international cohérent, homogène et comparable (format SECTEN).

Les méthodes de bilan

Ces méthodes consistent à attribuer les émissions d'un territoire en fonction de ses « responsabilités », c'est-à-dire de ses activités : émissions générées par le territoire liées au logement, émissions générées par le territoire liées aux transports, etc.

Par abus de langage, les émissions évaluées par ces méthodes sont désignées par le terme « émissions indirectes ».

Pour partie, les émissions de GES évaluées par ces méthodes sont équivalentes à celles évaluées par une méthode cadastrale (par exemple, un logement chauffé au fioul sera estimé de la même manière avec les deux types de méthodes). Néanmoins, des différences significatives existent (par exemple, avec une méthode de bilan, les émissions de GES liées à la consommation d'électricité sont affectées au territoire consommateur et non au territoire producteur).

Au regard de ces différences, les méthodes de bilan sont beaucoup plus adaptées que les méthodes cadastrales pour analyser les émissions de gaz à effet de serre, car celles-ci constituent une pollution globale. De plus, les méthodes de bilan donnent accès à des leviers d'action réellement à disposition sur le territoire, prenant en compte les émissions indirectes.

A noter que la mise en œuvre de ces méthodes est assez variable d'un territoire à un autre. Si la méthode Bilan Carbone® fixe un référentiel complet sur les facteurs d'émissions, la construction des périmètres ne s'appuie sur aucun cadre précis en la matière. Dès lors, c'est chaque territoire qui doit fixer son périmètre d'étude en cohérence avec l'exercice qu'il veut réaliser.

Quelle logique privilégier pour le SRCAE du Nord-Pas-de-Calais ?

Une méthode cadastrale a été utilisée pour réaliser le bilan des « émissions de gaz à effet de serre » du SRCAE Nord-Pas-de-Calais, ce qui a introduit de nombreux biais. Elle a donc été complétée par des démarches pour adapter le périmètre et réintégrer certaines émissions « indirectes ».

La sélection des émissions « indirectes » réintégrées dans le bilan des émissions de GES du SRCAE, c'est-à-dire la construction du périmètre définitif d'étude, a été réalisée en répondant aux questions clés suivantes :

- A. Quelle comptabilité des émissions liées à l'électricité ?
- B. Quelle comptabilité des émissions liées à la combustion du bois et des matières organiques ?
- C. Quelle comptabilité des émissions liées à l'usage des agrocarburants ?
- D. Quelle comptabilité des émissions pour les « produits entrants » / « importations » (énergie grise) ?
- E. Quelle comptabilité des émissions liées aux forêts, au stockage des prairies et aux changements de sols ?

Dans le cadre de ce cahier technique, les choix méthodologiques réalisés pour chacun de ces points sont exposés.

A. Quelle comptabilité des émissions liées à l'électricité ?

Dans les méthodes de type cadastral, les émissions de GES liées à la production d'électricité sont attribuées au lieu de production. Or, le Nord-Pas-de-Calais est aujourd'hui nettement exportateur d'électricité.

Cela crée ainsi un double biais :

- dans le bilan, les émissions de GES des secteurs du bâtiment et industriel sont nettement minimisées par la non prise en compte des émissions provoquées par la consommation électrique.
- en termes de prospective et de construction de scénarios, une affectation au lieu de production signifie une grande difficulté, voire une incapacité, à modéliser les émissions évitées grâce à une diminution des consommations d'électricité. En effet, les variations de consommation électrique sur un territoire régional ne signifient pas automatiquement une baisse de production électrique par les moyens présents sur ce même territoire.

Il a donc été choisi d'évaluer les émissions liées à l'électricité à partir des consommations des usages finaux. Les facteurs d'émissions moyens horo-saisonnier ont été utilisés dans le cadre de cet exercice¹.

B. Quelle comptabilité des émissions liées à la combustion du bois et des matières organiques ?

La combustion du bois émet des gaz à effet de serre : du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O).

Il est considéré que le bois est une énergie renouvelable et que le carbone émis sous forme de CO₂ au moment de sa combustion a été absorbé pendant la croissance des arbres. Le bilan CO₂ global du bois est donc nul.

Le facteur d'émissions utilisé pour le bois ne prend donc en compte que les émissions de méthane et de protoxyde d'azote, qui n'entrent pas dans ce cycle renouvelable².

Cette méthode permet d'assurer la lisibilité de l'exercice par l'ensemble des acteurs concernés. Bien entendu, la question du bois est par ailleurs analysée suivant une approche multicritère tenant compte des émissions de GES mais aussi des émissions de polluants atmosphériques ainsi que de l'équilibre entre ressources locales et consommations.

Un point de comparaison par rapport aux méthodes d'évaluation des émissions de polluants atmosphériques, notamment des poussières

Ainsi ces considérations ne sont pas appliquées pour la question de qualité de l'air. Les émissions de polluants « en sortie de cheminée » sont bien celle pris en compte. On notera néanmoins, que pour

¹ « Note de cadrage sur le contenu CO₂ du kWh par usage en France », ADEME-EDF, 2005

² On pourra également se référer au rapport « Bilan environnemental du chauffage domestique au bois », ADEME, Bio Intelligence Service, Décembre 2005

la question de la qualité de l'air, au-delà de l'énergie utilisée, c'est le **système de combustion** qui va profondément influencer sur le niveau d'émissions. A titre d'illustration, le tableau suivant présente les variations existantes d'émissions de poussières à **production énergétique équivalente** pour différents systèmes de combustion. Ces données sont issues de mesures menées par le CITEPA et montre qu'au regard des questions sur la qualité de l'air, les stratégies doivent avant tout se formuler sur le choix des systèmes de combustion et des systèmes de dépollution :

	Poussières - mg / MJ	Poussières - mg/MJ (cyclone et multicyclone)	Poussières - mg/MJ (filtre à manche et électrofiltre)
moyenne	136	161	9
valeur minimale	1	22	1
valeur maximale	2605	2605	19
médiane	58	67	8
écart type	340	367	5
effectif	61	51	10

Mesure des variations d'émissions de poussières pour différents systèmes de combustion en chaufferies collectives, CITEPA

Aussi, les scénarios sur le développement du bois ne doivent pas seulement s'exprimer en termes de pénétration ou non de cette énergie, mais également par la démographie du parc de chaudières et l'amélioration de ces performances. Il s'agit de l'unique moyen de pouvoir construire des scénarios permettant un développement du bois-énergie tout en assurant une amélioration de la qualité de l'air.

NB : de la même façon, les émissions liées à la combustion du bois dans les réseaux de chaleur seront comptabilisées comme nulles.

NB 2 : De manière similaire, on considère que 50% de la chaleur récupérée sur les incinérateurs est renouvelable.

Quelle comptabilité des émissions liées à l'usage des agrocarburants ?

Les agrocarburants sont considérés, tant au niveau national que dans le SRCAE du Nord Pas-de-Calais, comme des énergies renouvelables. A ce titre, ils peuvent contribuer à l'atteinte de l'objectif européen fixé par le Paquet Energie Climat de porter la part d'énergie renouvelable dans le mix énergétique français à 23% d'ici 2020.

Le facteur d'émissions choisi pour calculer la contribution des agrocarburants au bilan des émissions de GES du Nord Pas-de-Calais intègre également le caractère renouvelable de cette source d'énergie et il est ainsi inférieur de 55% au facteur d'émissions des carburants fossiles.

Des précisions concernant les agrocarburants

Les agrocarburants représentaient, au niveau national, 0,6% de la consommation de carburant en 2002, 4,8% en 2008³ et 5,75% en 2010⁴. L'Europe a fixé un objectif de 10% en 2020 (compté en

³ Données SOeS - MEDDTL

⁴ Objectifs du Plan Climat National

énergie), c'est cette hypothèse qui a été prise dans le cadre de l'exercice du SRCAE Nord Pas-de-Calais.

Malgré ces objectifs ambitieux, l'analyse de l'impact environnemental du développement des agrocarburants est un sujet qui fait encore aujourd'hui débat aux échelles nationale et européenne. En 2002, une première étude de l'ADEME/Ministère de l'Industrie avait conclu au bilan positif des agrocarburants en termes d'émissions de CO₂ et de gain énergétique (60 % pour le bioéthanol produit à partir de blé et de betterave et 70 à 75 % pour le diester produit à partir de colza et de tournesol).

En 2007, des divergences sont apparues entre les méthodes d'analyse du cycle de vie et du bilan environnemental des agrocarburants déployées par les différents Etats membres de l'Union européenne. C'est pourquoi l'ADEME, conjointement avec l'IFP, le Ministère du développement durable, le Ministère de l'agriculture et de la pêche et l'ONIGC, ont lancé dès juillet 2007 un appel d'offre pour une étude sur « la méthodologie à appliquer pour établir le référentiel des bilans d'énergie, de GES et des polluants atmosphériques locaux des agrocarburants de 1ère génération en France ».

Cette étude a été menée en deux temps. Une première étude en 2007-2008 a permis de déterminer la méthodologie d'analyse à retenir, et les résultats furent publiés par une seconde étude en 2010⁵. Les principales conclusions sont les suivantes :

- L'étude montre la cohérence globale des études précédemment menées, notamment l'étude ADEME de 2002. Les filières agrocarburants sont globalement positives, permettant une réduction globale des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre (**hors changement de sols**) à consommation énergétique constante. A ce titre, le facteur d'émissions de **122 geqCO₂/km**, proposé par l'étude de 2002 et repris dans la méthode Bilan Carbone V6 a été conservé.
- L'étude montre néanmoins les variations existantes entre les différentes filières d'agrocarburants avec :
 - des filières présentant des hauts rendements (réduction des consommations énergétiques non-renouvelables supérieure à 80%) : biodiesels à partir d'huiles alimentaires usagées et de graisses animales ;
 - des filières aux bilans assez mitigés (réduction inférieure à 25% des consommations énergétiques non-renouvelables) : ETBE de blé, de maïs et de betterave ;
 - entre les deux, des filières avec des bilans corrects (réduction de 50% à 80% des consommations énergétiques non-renouvelables) : éthanol de blé, maïs, betterave, canne à sucre, ETBE de canne à sucre, biodiesels de colza, de tournesol, de palme, de soja, HVP.
- Le potentiel d'eutrophisation généré par ces filières, au niveau de celui généré par les cultures alimentaires
- Une augmentation du potentiel de toxicité, bien que difficile à estimer, par l'utilisation de produits phytosanitaires et l'augmentation des émissions d'HAP lors de l'étape « véhicule »

⁵ *Analyse de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommée en France*, Février 2010, Bio Intelligence Service pour l'ADEME, le MEDEEM, le MAAP et France AgriMer

Mais l'incertitude majeure de l'étude concerne les impacts liés aux changements d'usage des sols générés directement ou indirectement par le développement des filières des agrocarburants.

L'étude analyse ces impacts en prenant :

- différentes hypothèses sur les effets des changements d'usage des sols en termes de déstockage de CO₂ (les impacts étant aujourd'hui encore mal maîtrisés) : pessimistes, intermédiaires et optimistes,
- différents scénarios d'usage des terres (à l'hexagone ou à l'étranger).

Cette analyse de sensibilité montre la très lourde incidence du paramètre « changement des sols ». Suivant les filières, et avec des hypothèses pessimistes ou intermédiaires, le bilan global en GES des agrocarburants serait plus mauvais que les filières fossiles classiques.

L'étude souligne ainsi l'importance d'accentuer les investigations sur ce domaine car le bilan global pourrait modifier les conclusions concernant l'indicateur « gaz à effet de serre ».

L'étude ne prend par ailleurs pas en compte également l'ensemble des impacts économiques de l'évolution de la filière, notamment sur l'évolution du prix des denrées alimentaires.

C. Quelle comptabilité des émissions liées aux « produits entrants » / « importations » ?

L'utilisation d'une méthode de type « bilan » pourrait en théorie intégrer l'ensemble des émissions de GES induites par la consommation de biens (alimentaires ou non) sur le territoire régional, même si elles ont lieu à l'extérieur du territoire : émissions liées au transport de ces produits, à leur fabrication, etc.

Néanmoins, il n'existe pas à ce jour de méthode et de bases de données suffisamment robustes pour pouvoir intégrer finement cette approche. Ces émissions ne font donc pas partie du périmètre de définition des objectifs du SRCAE.

Pour autant, l'étude des leviers permettant de réduire ces émissions fait partie du périmètre de travail et de réflexion du SRCAE. Une série de travaux ont donc été engagés à ce sujet afin d'identifier des orientations permettant d'intégrer de nouveaux leviers d'actions. Certaines de ces orientations visent notamment à engager un travail de réflexion pour pouvoir intégrer de manière plus robuste ces émissions.

D. Quelle méthode pour l'évaluation de l'occupation des sols ?

En 2011, la Région a validé la 4^{ème} version historique de sa base de données d'occupation du sol régional (SIGALE⁶). Donnée essentielle du système d'information géographique régional, l'occupation du sol est le fruit d'un important travail de collecte d'informations élaboré à partir d'une méthodologie rigoureuse et d'une nomenclature détaillée.

En effet, la base de données d'occupation du sol 2009, comme sa précédente version historique datée de 2005, est le résultat d'une interprétation d'images aériennes, réalisée directement sur ordinateur par une équipe nombreuse de photo-interprètes (méthode dite de PIAO, photo-interprétation assistée par ordinateur). Les images servant de base de travail sont des photographies aériennes prises durant l'été 2009 et orthorectifiées, en deux versions : couleurs naturelles et

⁶ www.sigale.nordpasdecalais.fr/

infrarouge couleur. Ces données images peuvent au besoin être complétées par des apports exogènes (cartes topographiques notamment).

Pour constituer la base de données, les photo-interprètes suivent une méthodologie robuste, qui a peu évolué entre les deux dernières versions d'occupation du sol, et s'appuient sur une nomenclature bien définie.

Les points de repère essentiels de la méthodologie suivie, outre le fait que l'interprétation est réalisée par PIAO, sont les suivants :

- surface minimale d'interprétation : 500 m² pour les thèmes urbains ; 2.500 m² sur les autres thèmes. Les interprètes veillent donc à respecter ces seuils de surface qui fixent la taille des plus petits objets identifiables. En dessous de ces seuils, les objets repérés sont intégrés à d'autres thèmes voisins. En plus de ces seuils de surfaces, d'autres seuils (largeurs, distance d'écartement, ...) peuvent être appliqués pour l'interprétation de certains objets.
- L'échelle d'interprétation est fixée au 1/10.000 : l'interprète ne répertorie par conséquent que des objets visuellement identifiables à cette échelle.
- L'échelle maximale d'utilisation des données est le 1/20.000. Cette échelle fixée en raison des contraintes appliquées à la production, permet d'utiliser pertinemment les données d'occupation du sol, notamment pour la production de statistiques, que l'on estime jusqu'à présent non exploitables au niveau communal.

La nomenclature, la liste des thèmes interprétés, de l'occupation du sol régional est constituée de 52 thèmes différents, qui s'imbriquent les uns dans les autres pour former une nomenclature générale en 5 postes principaux. Elle suit les nomenclatures élaborées au niveau européen (Corine Land Cover), avec lesquelles elle est compatible, et les détaille pour répondre aux besoins régionaux. Mais elle est bien évidemment loin d'être exhaustive...

L'utilisation de données aériennes pour l'interprétation a permis de renforcer le thème des territoires artificialisés, fortement prégnant dans la région Nord Pas de Calais, en y apportant une diversité thématique importante. Aujourd'hui, la moitié des thèmes interprétés sont issus de cette catégorie générale (26 postes sur 52) qui fait parfois l'objet de discussion relatives à la méthode ou à la nomenclature précise.

Les territoires artificialisés sont des espaces dans lesquels on retrouve une présence humaine forte qui les a transformés en les artificialisant, contrairement aux espaces agricoles, forestiers ou humides. Mais par l'imbrication même des thèmes, et par la méthodologie utilisée pour l'interprétation, il n'est évidemment pas possible d'obtenir une vision aussi « tranchée ». On considère donc des masses, un poids relatif visuel, pour mettre des limites nettes (limites de surfaces, de thèmes interprétés), là où dans le réel, ce n'est pas si binaire.

Les territoires artificialisés sont composés de 4 sous-thèmes : les zones urbanisées, les zones industrielles ou commerciale et les réseaux de communication, les mines, décharges et chantiers, et enfin les espaces verts artificialisés non agricoles.

A chaque poste d'interprétation à l'intérieur de ces thèmes correspond un contenu précis, assorti de clés d'interprétation à l'usage des photo-interprètes qui s'en servent de référence dans le cadre de leur travail.

Ainsi par exemple, on considère que l' « urbain continu dense » correspond à des espaces structurés par des bâtiments et des voies de communication, dans lesquels les surfaces artificialisées représentent plus de 80% de la surface totale, avec présence exceptionnelle de sols nus ou de végétation. Ces espaces sont plutôt des centres d'agglomération et intègrent habitat, bureaux, petits

commerces, etc. L'« habitat rural », quant à lui, est constitué de fermes ou d'habitations isolées avec éventuellement leurs petites prairies et boisements attenants, ainsi que les maisons forestières, châteaux, couvents, ...

De la même façon, les « emprises industrielles », individuelles ou groupées, se repèrent par une présence d'équipements mélangés de type hangars, parkings, bâtiments... dans lesquels sont inclus et globalisés, les espaces verts ou enherbés associés faisant la jonction entre les bâtiments.

Les « réseaux de communication et leurs espaces associés » correspondent aux principaux axes routiers ou ferroviaires, avec une notion de largeur minimale prise en compte (25 mètres) qui explique que seuls les très grands équipements et leurs espaces associés sont pris en compte. Parmi ces derniers, on intègre échangeurs, aires de repos, ronds-points ...

Enfin, dans les espaces artificialisés, sont intégrés les « espaces verts urbains et périurbains » ainsi que les zones non agricoles à vocation de loisirs. Parcs urbains, zones de loisirs, squares, parcs de châteaux accessibles, ... au public composent ce poste d'interprétation. N'y figurent pas par contre les espaces verts liés aux parcs d'entreprise ou aux entreprises, associés aux thématiques des zones industrielles.

La représentation de l'occupation du sol est donc complexe, et au-delà des intitulés des différents postes d'interprétation, il est nécessaire de s'attacher aux définitions fixées et aux clés d'interprétation proposées aux interprètes pour la réalisation de leur travail, seules garantes de la qualité des comparaisons possibles entre bases de données différentes.

Et il ressort clairement que l'analyse des territoires artificialisés n'est pas simple, ceux-ci étant composés d'espaces artificiels le plus souvent bâtis, construits, mais également, et très imbriqués parfois, d'espaces plus naturels ou que l'on pourrait considérer comme tels. Et la détermination de cette composition est réalisée essentiellement à partir d'une interprétation visuelle, sur des photographies aériennes, qui ne renvoient pas d'informations juridiques (parcellaire) ou d'usage réel.

E. Quelle comptabilité du contenu carbone stocké dans les sols (forêts, prairies, cultures) et la biomasse ligneuse et de ses évolutions en cas changements d'affectation des sols ?

La biomasse ligneuse (bois) des forêts et les sols constituent un stock de carbone important. Les modalités de leur gestion et de leur affectation peuvent, en modifiant les quantités de carbone stockées et le sens des flux de carbone (absorption [stockage] / émissions [déstockage]), impacter durablement le bilan des émissions de GES d'un territoire.

Ainsi, même si ces dynamiques n'entrent pas pour l'instant dans le périmètre de calcul des objectifs 3x20 (ou Paquet Energie Climat) défini par l'Union Européenne, les enjeux liés à ce secteur sont de taille en France puisque l'accroissement naturel de la forêt permet aujourd'hui de compenser près de 11 % des émissions nationales brutes de GES.

En cohérence avec le parti pris européen actuel, les émissions de GES liées aux forêts, aux prairies et aux changements d'affectation des sols n'ont pas été intégrées dans le périmètre de définition des objectifs du SRCAE. Néanmoins des réflexions sur ces points sont intégrées dans le cadre de

l'élaboration du SRCAE Nord Pas-de-Calais et sont prises en compte dans les choix d'orientations retenus.

Des précisions concernant les puits carbone

Le carbone (C) suit un cycle : il n'y a pas de création de nouvel atome de carbone, mais des passages par différentes molécules dans différentes sphères, appelées réservoirs. Les trois grands réservoirs soumis à des mouvements à une échelle de temps humaine (environ 100 ans) sont l'atmosphère, les océans et la biosphère. A ce carbone qui circule relativement rapidement, il faut rajouter de grandes quantités de carbone sous forme minérale (sédiments, roches, combustibles), situés sous terre ou au fond des océans. Ce carbone ci, au contraire, est plutôt inerte : naturellement, les stocks minéraux mettent plus de 200 millions d'années à se constituer.

Il existe donc deux cycles du carbone en interaction étroite, mais répondant à des échelles de temps très différentes : un cycle court, qui implique le vivant dans les océans de surface, les sols et la biomasse terrestre, et un cycle long, dans lequel interviennent l'océan profond, les roches et sédiments, les volcans et les combustibles fossiles.

Dans les réservoirs de carbone à renouvellement rapide, les organismes vivants d'un écosystème tiennent un rôle central. Sur les continents, certains écosystèmes tels que les prairies et forêts, mais aussi les tourbières et certains autres sols, captent plus de carbone qu'ils n'en restituent : ils jouent ainsi un rôle plus ou moins important de **"puits de carbone"** par leur activité de stockage.

Deux phénomènes sont ainsi analysés ci-après :

- o Les effets de stockage et de déstockage de carbone dans les sols : forêts, prairies, cultures, sols imperméabilisés ou artificialisés
- o Les effets de stockage de carbone par la biomasse ligneuse (bois et racines) dans les forêts

Le stockage du carbone dans les forêts en croissance peut donc être appréhendé à travers deux effets : le stockage du carbone par le sol et le stockage du carbone par la production de bois et de racines.

Stockage de carbone dans les sols⁷

NATURE DU STOCK DE CARBONE

Les principaux sols qui peuvent être considérés comme des « puits de carbone » terrestres sont les forêts et les prairies. Ils ne représentent néanmoins que 10% du carbone fixé par la photosynthèse et correspondent donc à un phénomène en marge du flux majeur constitué par le couple photosynthèse/respiration (végétaux, phytoplancton, notamment). Les stocks importants dans les sols des prairies, bois et forêts s'expliquent par un flux de carbone entrant plus important (davantage de racines et débris, couvert permanent), une décomposition plus lente de la matière organique du sol en l'absence de labour et d'aération du sol et enfin, une dégradation plus faibles des racines riches en lignines.

⁷ Cette présentation s'appuie largement sur la synthèse « Le stockage de carbone par les prairies, une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre », Institut de l'élevage, 2010.

Sur prairies, le retour au sol des déjections animales, seules ou avec litière, ainsi que l'apport de composts, contribuent également à l'accroissement des stocks de matières organiques. Ces restitutions s'ajoutent aux apports de carbone par les résidus d'herbe et les débris racinaires.

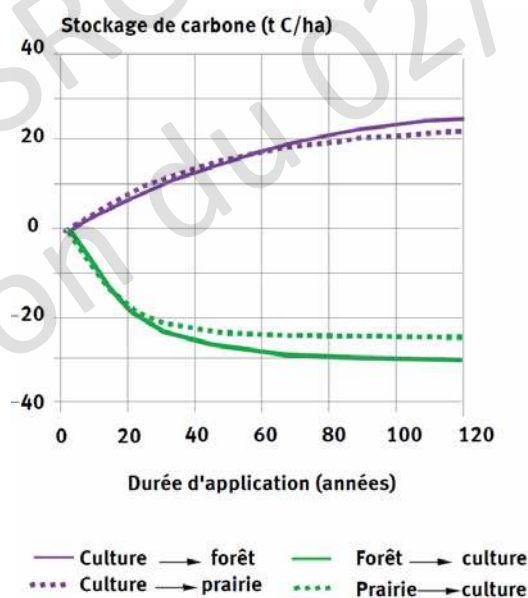
Le tableau suivant montre les fourchettes de valeurs admises à ce jour pour ces stocks :

Type de couvert	Stock de carbone (t C/ha)
Terre arable	43 à 63
Prairie	70
Forêt mélangée	71

On retiendra qu'il existe une différence de l'ordre de 10 à 30 t C/ha entre le stock d'une prairie permanente ou d'une forêt et celui d'une culture.

LES DYNAMIQUES DE STOCKAGE ET DE DÉSTOCKAGE DE CARBONE

Les valeurs de stockage de carbone présentées ci-dessus sont des valeurs seuils atteintes au bout de 60 à 80 ans et issues de l'activité du sol sur cette période. Le stockage de carbone s'opère ainsi progressivement suivant une dynamique non linéaire. Rapide durant les 30 à 40 premières années, il ralentit ensuite. Le graphique suivant montre cette évolution lors du passage d'une culture à une prairie ou une forêt (stock de carbone, jusqu'à atteindre la valeur d'écart de 27 t C/ha) ou inversement. Dans ce cas, il s'agit d'un déstockage de carbone, arrivant plus rapidement à la valeur d'écart mentionnée.



Evolution du stock de carbone dans le sol associée aux pratiques provoquant des stockages ou déstockages de carbone.

Source : Arrouays et al., 2002

On retiendra donc que la dynamique de déstockage est plus rapide que celle du stockage de carbone. Sur un scénario à 20 ans, c'est-à-dire un changement d'usage des terres qui est valable pendant 20 ans, le sol peut stocker près de 10 t C/ha, mais aussi déstocker 20 t C/ha selon les changements d'affectation.

Ceci montre que pour l'évaluation des stockages et déstockages de carbone, l'une des variables principales est **l'âge des prairies retournées**, ou **la durée prévue** de reconversion en prairies ou forêts de terres arables. Ceci montre l'importance de pouvoir distinguer les prairies temporaires (rotations courtes, donc stockage faible) des prairies permanentes (stockage ou déstockage important) dans ce type d'évaluation.

Or, les dispositifs actuels de suivi de l'usage des sols (du type SIGALE) ne permettent pas seuls d'assurer cette distinction et doivent être croisés avec les données AGRESTE prenant en compte ces typologies de prairies. Plus généralement, il est important de noter que la connaissance de l'âge des prairies et des forêts est un élément déterminant dans la caractérisation des stocks de carbone, nécessitant de disposer d'un historique de suivi fin et régulier de l'usage des sols.

Néanmoins, en prenant une hypothèse moyenne de 20 ans, les chiffres suivants peuvent être obtenus concernant le stockage de carbone ou l'impact de conversion :

Type de Flux	Dynamique	Flux (t C/ha)	Equivalence CO2 (teqCO2/ha/nb an)	Variations
Stockage de carbone des sols	Stockage annuel d'une prairie	0,49 t C/ha/an	1,8 t eqCO2/an	+/- 60%
	Culture => Prairies (sur 20 ans)	10 t C/ha	37 t eqCO2/20 ans	+ / - 50%
	Culture => Forêt (20 ans)	10 t C/ha	37 t eqCO2/ 20 ans	+ / - 50%
	Prairie Permanente => Forêt	2 t C/ha	7,3 teqCO2/20 ans	+ / - 200%
Déstockage de carbone des sols	Prairie permanente => Culture	-19 t C/ha	-70 teqCO2/ha	+ / - 30%
	Forêt => Culture	-15 t C/ha	-55 teqCO2/ha	+ / - 30%
	Forêt => Prairie permanente	-2 t C/ha	-7,3 teqCO2/ha	+ / - 100%

Estimation des stockages et déstockages de carbone des sols. Source : INRA, 2002.

NB : l'estimation des stockages et déstockages annuels de carbone ne peut être réalisé que si les informations suivantes sur **l'usage des sols** sont réunies :

- o les surfaces annuellement converties, auxquelles on impute sur l'année de transfert l'ensemble des flux de carbone stocké ou déstocké durant les 20 années qui suivent (ou une autre hypothèse à fixer).
- o les surfaces restant en herbes, sur lesquelles on estime une évolution du stockage de carbone annuel (+ 500 kg C/ha/an).

Concernant les cultures, les données actuelles indiquent qu'elle contiennent un stock de carbone relativement important, compris entre 43 et 63 tC/ha mais les modes de gestion de ces sols entraînent vraisemblablement une très grande variabilité sur leur caractère de puits/émetteur tendant à les considérer comme neutre et n'absorbant pas de carbone. Des recherches sont en cours pour déterminer les modes de gestion (rotation, intercultures, amendements, pratiques...) permettant d'optimiser la recharge en matière organique du sol et sa capacité à stocker parallèlement du carbone.

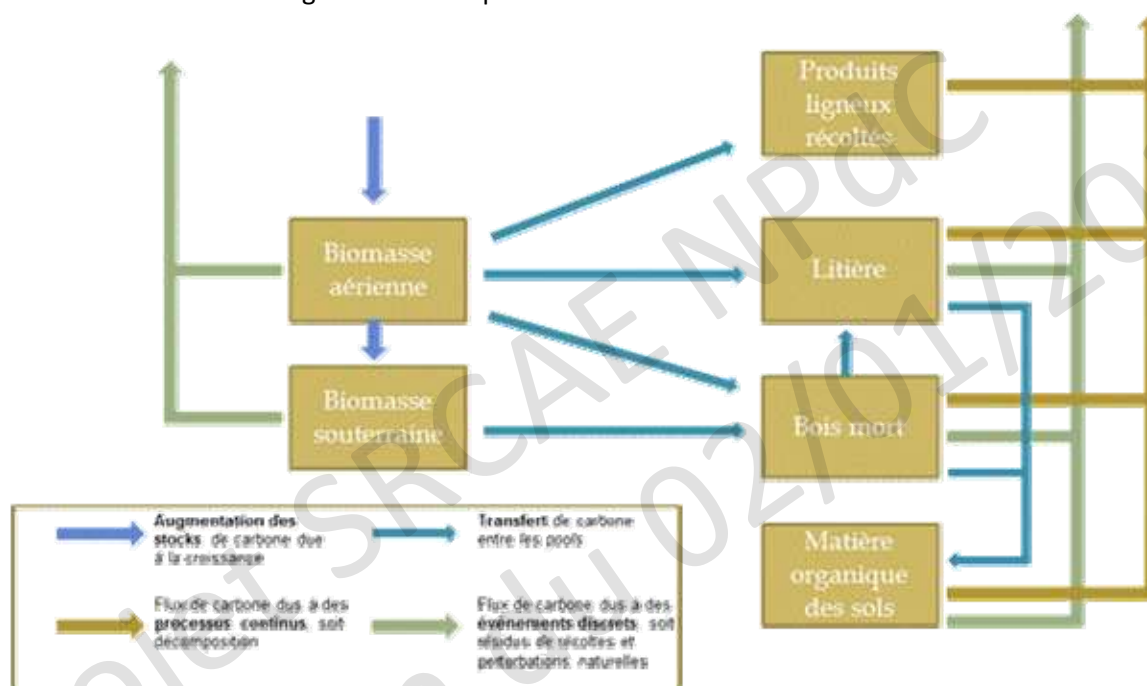
Concernant l'urbanisation d'anciennes prairies, et faute de données complémentaires, il est considéré que ses impacts conduisent a minima aux mêmes impacts que le passage de cultures aux prairies. L'artificialisation des sols, notamment par le biais de l'étalement urbain, conduit à un déstockage de carbone. Celui-ci est d'autant plus important qu'il se fait au détriment de surface en forêt ou prairie. Le bilan est plus mitigé si la proportion de surface transformée en pelouse et le nombre d'arbres ou de haies sont significatifs.

Des études et recherches sont en cours pour établir un référentiel plus précis de l'importance des déstockages en cas d'artificialisation des sols. En effet, le terme artificialisation signifie d'abord que l'usage du sol n'est plus ni agricole ni ne signifie pas forcément imperméabilisation et peut aussi signifier surfaces en herbes permanentes ou jardins.

Pour aller plus loin sur le détail des mécanismes naturels en jeu dans les phénomènes d'absorption et émissions des sols, se référer à la synthèse d'octobre 2008 réalisée par Alterre Bourgogne (*Stockage naturel du carbone : « Etat des lieux des connaissances et estimations régionales »*)⁸

Stockage du carbone dans la biomasse ligneuse (bois)

Au-delà des sols, les forêts disposent d'un stock de carbone sur pieds lié à la biomasse aérienne et souterraine : biomasse ligneuse et canopée.



Le stock de carbone des forêts augmente du fait de l'accroissement annuel des végétaux ligneux. Il est important de considérer l'accroissement annuel net, issu de l'accroissement brut auquel est enlevée la récolte. Cette hypothèse est importante pour continuer à considérer le bois comme une énergie renouvelable, ayant un facteur d'émission proche de 0.

A partir de la méthodologie développée dans la synthèse d'Alterre Bourgogne (*Stockage naturel du carbone : « Etat des lieux des connaissances et estimations régionales »*) et des données d'accroissement moyen des forêts en région fournies par l'IFN, on peut estimer que le rythme d'accroissement annuel moyen de la forêt de 1990 à 2005 a permis une absorption carbone moyenne de 1,43 tC/ha/an, soit 5,24 teq CO₂/ha/an.

⁸ <http://www.alterre-bourgogne.fr/fileadmin/Alfresco/rapports%20techniques/RT%20stockage%20CO2-final.pdf>

Rapportée à l'échelle régionale, l'absorption annuelle de carbone des forêts du Nord Pas-de-Calais peut donc être estimée à 162 500 tC ou **600 000 tEqCO₂** soit **1,4 % des émissions régionales** de GES.

Traitements de la question qualité de l'air

Les attendus du schéma

Le schéma régional s'appuiera sur un diagnostic régional de la qualité de l'air et de ses impacts qui sera articulé avec l'inventaire régional des émissions de polluants atmosphériques,

Le schéma devra également permettre l'identification des « zones sensibles à la qualité de l'air ». Ces zones sensibles sont les zones dans lesquelles le niveau dans l'air ambiant de l'un au moins des polluants dépasse ou risque de dépasser une valeur limite ou une valeur cible mentionnée à l'article R. 221-1. L'identification de ces zones, menée durant l'élaboration du schéma, prend en compte la répartition territoriale et la sensibilité de la population, du bâti des milieux naturels ainsi que les observations localisées des concentrations de polluants sur les dernières années.

Par ailleurs, le SRCAE devra décliner régionalement le plan particules publié au niveau national le 21 juillet 2010 mais qui contient un certain nombre de mesures à mettre en œuvre au niveau régional pour permettre l'atteinte des objectifs européens en terme de concentrations de particules dans l'air.

Le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie succède au plan régional pour la qualité de l'air de 2001. Il constituera, après adoption, le PRQA révisé, avec la même valeur juridique que celui-ci et les mêmes liens de compatibilité vis-à-vis des plans de protection de l'atmosphère (PPA) et des plans de déplacements urbains (PDU).

Les objectifs de respect de la qualité de l'air renvoient à une multitude d'objectifs sur les différents polluants réglementés repris notamment dans le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 déclinant la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008.

La construction du SRCAE devra veiller à s'articuler de manière optimale avec le deuxième Plan Régional Santé Environnement (PRSE 2), notamment sur les aspects qualité de l'air intérieur et ambiant.

La scénarisation et la détermination des orientations et objectifs régionaux

Outre le diagnostic régional de la qualité de l'air et de ses impacts en lien avec l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques, le SRCAE devra définir une stratégie pour l'amélioration de la qualité de l'air. A l'issue d'un exercice de scénarisation de l'évolution des émissions de polluants, des orientations et objectifs de qualité de l'air et de réduction de polluants atmosphériques seront définis. Ces orientations devront être renforcées dans les zones dites « sensibles à la qualité de l'air ».

La nécessité, pour cet exercice, de mettre à disposition d'un public large et non expert des éléments de compréhension permettant de définir une stratégie régionale sur les questions énergie/air/climat, incite à chercher les polluants atmosphériques les plus pertinents à mettre en évidence. L'analyse de l'état régional de la qualité de l'air fait ressortir diverses problématiques :

- Les oxydes d'azote (NOx) : les valeurs limites pour ce polluant sont atteintes sur la zone de Lille. Des marges de dépassement sont autorisées mais la problématique, sur cette zone, vis-à-vis de ce polluant, est réelle. Elle est principalement la conséquence de deux effets couplés : la densité d'activité et de population et la circulation automobile.
- Les poussières : quelque soit leur taille, ces polluants représentent une problématique importante pour la région. En Nord-Pas-de-Calais, sur de nombreux lieux de mesure, le nombre de jours concernés par un dépassement de la valeur limite (concentration dans l'air) est supérieur à 35 par an. Ceci place ces zones en infraction avec la législation. L'enjeu est à l'échelle régionale, aucune zone n'étant réellement épargnée par cette pollution.
- L'ozone est un polluant pour lequel des dépassements sont observés sur l'ensemble de la région, à l'exception de la zone littorale. Cependant, ce polluant étant un polluant secondaire au mécanisme de formation complexe, une simulation prospective de son apparition en fonction des hypothèses de scénarisation ne sera pas envisageable. Il fera donc l'objet d'une mise en évidence lors de la présentation du diagnostic, mais ne sera pas conservé pour analyser les résultats de l'exercice prospectif.
- Aux abords des zones industrielles, et notamment dans la région dunkerquoise, la pollution au dioxyde de soufre doit également être surveillée. Cette pollution est essentiellement due à des émissions épisodiques, qu'il est alors plus pertinent de traiter comme un risque industriel. Nous ne conserverons donc pas ce polluant comme indicateur de la qualité de l'air lors de l'exercice prospectif.

En considérant les spécificités de la région, et afin de disposer d'un cadre de travail simplifié, il est retenu de mener les exercices de scénarisation sur un ensemble de polluants « témoins » :

- les poussières PM₁₀ et PM_{2,5}
- Les NOx

Bilan des énergies renouvelables

Le bilan des énergies renouvelables présenté dans le SRCAE Nord Pas-de-Calais est défini à partir du croisement de différentes sources. Il est comptabilisé de la manière suivante :

- o Les productions électriques renouvelables
 - éolien
 - solaire photovoltaïque
 - méthanisation
 - hydroélectricité
 - générateur dans les incinérateurs
- o Les productions de chaleur
 - combustion de biomasse dans les chaudières collectives ou individuelles
 - valorisation thermique des déchets incinérés
 - solaire thermique
 - méthanisation
- o La consommation d'agrocarburants. Dans le cadre du SRCAE, il a été choisi de valoriser les agrocarburants au niveau de la combustion moteur, en valorisant le taux

d'incorporation d'agrocarburants au sein de l'essence. Le taux d'incorporation d'agrocarburants choisi est celui observé au niveau national en 2008, à savoir 4,8% (source : SoeS - MEDDTL).

Les énergies renouvelables marines (éolien off-shore notamment) sont exclues du périmètre du SRCAE par son cadre réglementaire.

ENR	GWh/an
Hydraulique	10,8
Eolien	626
Solaire électrique	20
Solaire thermique	6,48
PAC aérothermique + géothermique	372
Biomasse résidentiel	1 941
Biomasse réseaux de chaleur	65,10
Agrocarburants	1214,28
Biogaz	140
Energie fatale (UIOM, industrie, eaux usées...)	527

Périmètres comptables spécifiques pour la scénarisation

Les périmètres de comptabilisation utilisés pour l'exercice de scénarisation réalisé dans le cadre du SRCAE Nord Pas-de-Calais sont identiques à ceux utilisés dans l'élaboration des différents bilans.

Néanmoins, le facteur d'émission à utiliser pour l'électricité pose deux questions :

- Pour les scénarios de réduction des consommations énergétiques : il pourrait sembler judicieux d'utiliser des facteurs d'émissions marginaux, tels que proposés par l'ADEME et RTE. Ces facteurs d'émissions sont de l'ordre de 600 geqCO₂/kWh, soit trois fois plus élevés que le facteur d'émission moyen le plus élevé (chauffage : 180 geqCO₂/kWh) et six fois plus élevé que le facteur d'émission moyen de l'électricité (90 geqCO₂/kWh)
- Pour le développement des productions d'énergie renouvelable électrique, il pourrait sembler judicieux de valoriser en carbone la production d'électricité ainsi substituée. De la même façon, un facteur marginal pourrait être choisi.

Sur le premier point, il a été choisi de conserver **les facteurs d'émissions moyens** dans le cadre de cet exercice. En effet, les importantes réductions de consommation d'électricité simulées dans cet exercice sortent du domaine de validité pour l'usage des facteurs d'émissions marginaux.

A titre d'exemple caricatural : avec une réduction de 38% des consommations d'électricité pour le chauffage dans le secteur du bâtiment, et en utilisant un facteur d'émissions marginal (3,3 fois plus élevé que le facteur moyen), la réduction des émissions est de 126%. Cette méthode peut donc aboutir à des émissions négatives... Compte-tenu des objectifs importants de réduction du SRCAE, l'utilisation de facteurs marginaux est inadaptée.

Ces choix méthodologiques sont encore aujourd'hui en débat au niveau national, et de futurs cadrages devraient être proposés, notamment pour l'élaboration des Plans Climat Energie Territoriaux.

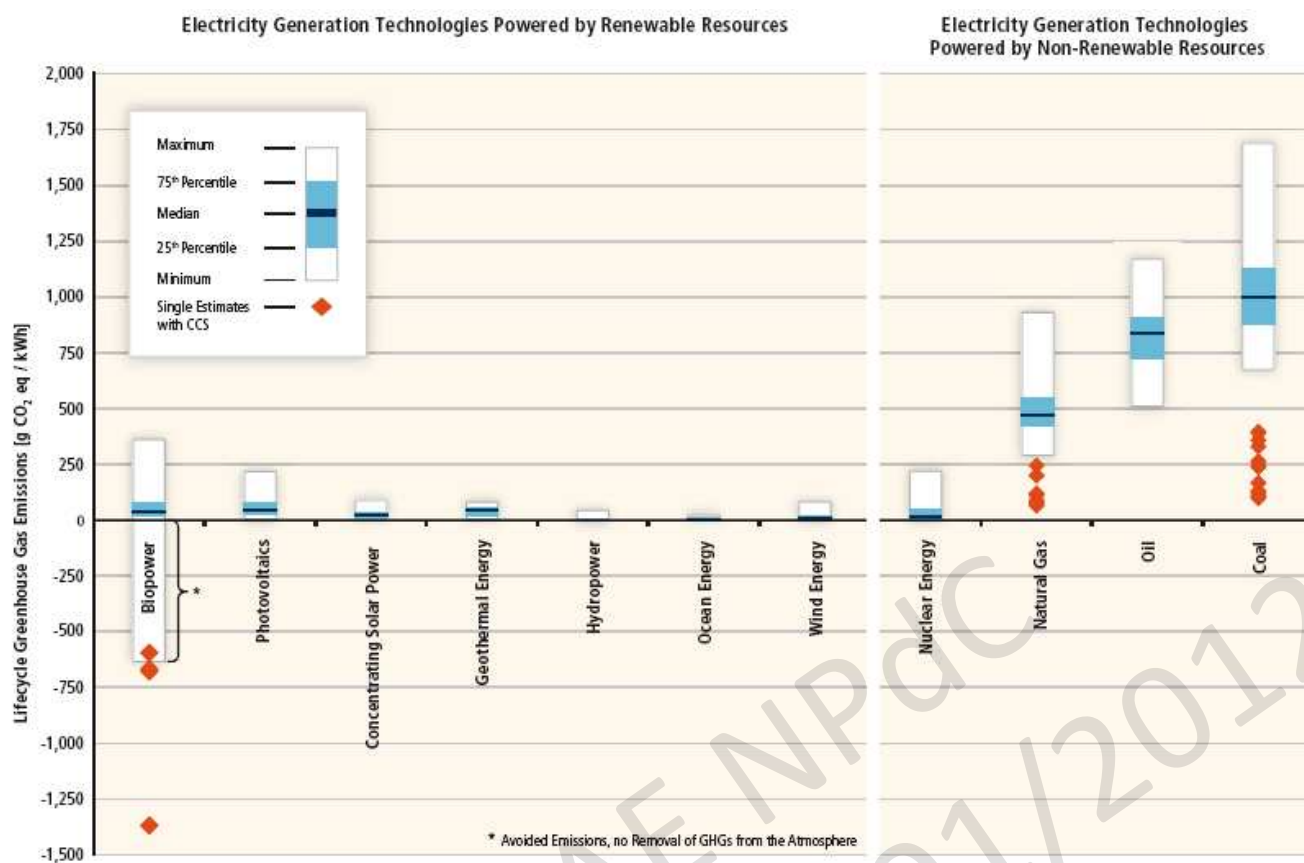
Sur le second point, il a été choisi de ne pas valoriser en carbone **les productions électriques d'énergie renouvelable**. Ceci semble la démarche la plus cohérente si l'on garde à l'esprit que :

- Sur l'ensemble des scénarios, les facteurs d'émission de l'électricité ont été conservés à leurs valeurs moyennes de 2005, qui sont des valeurs extrêmement basses. Dans les faits, les installations récentes de moyens thermiques de production électrique (type CCG ou TAG), comme c'est le cas en Nord Pas-de-Calais, peuvent contribuer à l'augmentation de ce facteur d'émission.
- De fait, l'ensemble des orientations pour le développement d'une production renouvelable électrique (principalement éolienne), constitue des mesures qui, globalement, compense cette augmentation effective du facteur d'émission moyen de l'électricité. Cela justifie d'adopter un facteur d'émission constant pour l'exercice.

En définitive, la valorisation carbone des productions électriques renouvelables et la conservation d'un facteur d'émission moyen à faible contenu carbone (le facteur d'émission actuel) génèrerait un important double compte dans le cadre des scénarios réalisés. Il est donc nécessaire de ne pas intégrer le carbone évité par la production éolienne dans le cadre des scénarios de réduction d'émissions de CO₂.

Néanmoins, afin de concilier les impératifs méthodologiques et pédagogiques, il a été choisi de ne certes pas intégrer l'impact carbone du développement de la production électrique renouvelable dans le scénario « Objectifs Grenelle », mais d'afficher tout de même à titre indicatif cet impact au niveau de l'orientation en choisissant un facteur d'émission marginal de 300 geqCO₂/kWh, comme retenu par le COMOP 10 du Grenelle.

Le rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique (<http://www.srren.org>) fournit les informations suivantes concernant les émissions CO₂ dans le cycle de vie des installations de production électrique. Ces émissions sont évaluées sur le cycle de vie complet de l'unité (construction, énergie grise, combustible, maintenance, remise en état du site...).



CCS : capture et stockage du carbone

Hypothèses de scénarisation

Les hypothèses ayant permis d'élaborer les scénarios se distinguent en deux volets :

- les hypothèses « du territoire » qui sont communes à l'ensemble des scénarios : il s'agit des évolutions démographiques et économiques sur lesquelles se basent l'exercice de scénarisation.
- les hypothèses sectorielles, pour lesquelles une variante existe pour chaque scénario.

Hypothèses du territoire

Logement

L'hypothèse d'évolution du nombre de logements choisie pour l'exercice est la suivante :

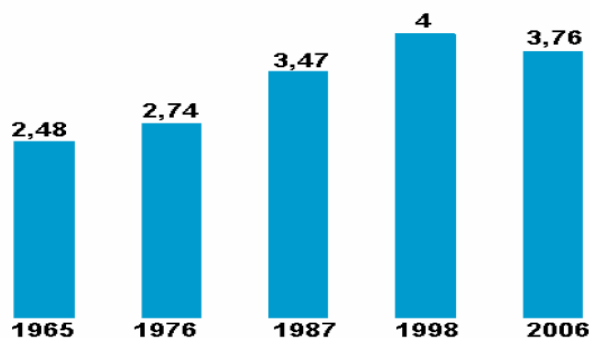
	2010	2020	2050
Nombre de résidences principales (RP)	1 582 356	1 637 018	1 756 260
Nombre de logements construits après 2010 et part du nombre total de résidences principales	-	75 393 – 4,6%	260 915 – 15 %

Elle se base sur les projections de populations proposées par l'INSEE et corrigées par la DREAL Nord Pas-de-Calais à partir des données FILOCOM.

Mobilité

La mobilité (en nombre de déplacements, pas en kilomètres) est considérée comme constante. Les récentes observations semblent montrer une diminution de cette mobilité sur les dernières années, après une période d'une quarantaine d'années où elle a été en forte croissance.

Lille Métropole EMD 2006 Tous modes



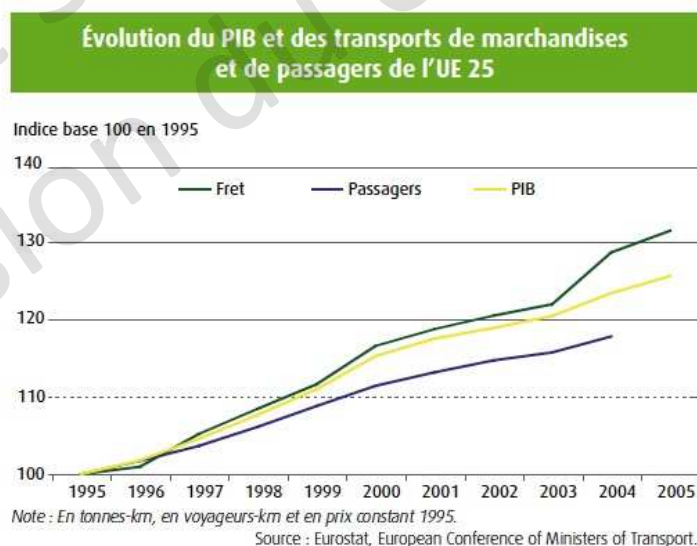
Compte tenu des phénomènes économiques et sociaux complexes régissant l'évolution de cette mobilité, il a été choisi de conserver une mobilité constante pour l'exercice de scénarisation.

Transport de marchandises

Le transport de marchandises est un secteur pour lequel la question de la sensibilité des flux transportés – et notamment du fret routier – à la croissance économique est particulièrement débattue.

La nécessité de découpler transport de marchandises et croissance économique

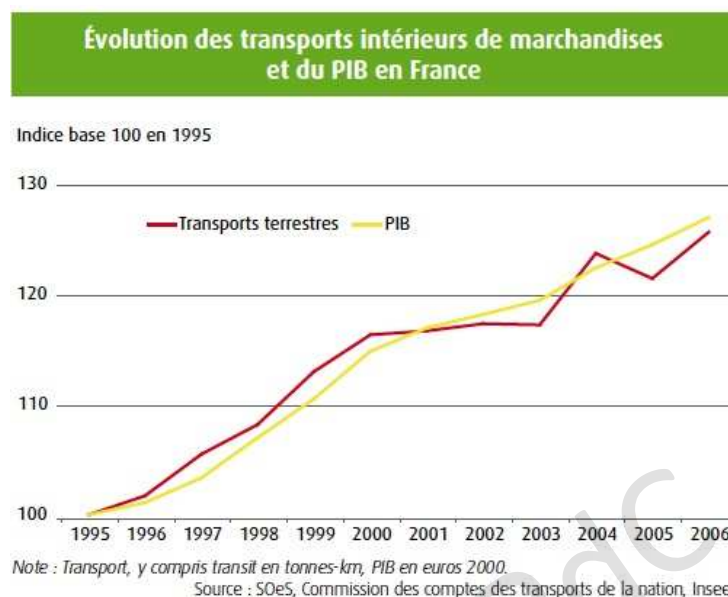
Une étude récente⁹ montre que jusqu'ici, les émissions de gaz à effet de serre du transport ont augmenté plus rapidement que le Produit Intérieur Brut.



Ce graphique montre que la croissance du transport de fret est plus forte que l'évolution du PIB, alors que pour le transport de passagers a connu un découplage à partir de 2000, devenant significatif à partir de 2003.

⁹ Transport et environnement comparaisons européenne, IFEN et MEDDAT, 2009

Cette étude révèle également que, dans ce domaine, la France est assez identique à l'Europe et que le transport qui contribue le plus à ce phénomène est le transport routier de marchandises :



Une incertitude forte pèse donc sur la modélisation des évolutions du fret d'ici 2050 : cette croissance du fret continuera-t-elle ou assistera-t-on à un découplage ?

Le scénario ENERDATA (transposé au Nord-Pas-de-Calais par Virage Energie) conserve l'hypothèse d'une croissance du fret plus importante que celle du PIB : il envisage une multiplication par 2,37 du trafic de marchandises, soit un taux de croissance annuel moyen de l'ordre de 2%¹⁰ sur la base d'une croissance économique de 1,9% par an.

D'autres modèles sont plus modérés sur cette question. Par exemple, le scénario de la Direction Transport de l'ancien ministère de l'Équipement (aujourd'hui MEDDTL) précise qu'une variation de 0,4% de la croissance entraînerait une modification de -10,3% à 0,7% des flux de marchandises. La réactualisation des scénarios en mai 2007 fait apparaître une sensibilité au PIB. Ainsi, dans le cas d'une croissance à 1,5% par an, l'augmentation des flux de marchandises est estimée à environ 1% par an, soit moitié moins que les hypothèses retenues aujourd'hui. Cette stratégie est reprise dans le rapport européen « *Transport at a crossroads* » qui fixe comme objectif de dissocier la croissance économique de la demande de transport. **Les scénarios les plus récents envisagent donc un découplage de plus en plus important de la croissance du PIB et de celle du fret.**

Dans le cadre du SRCAE du Nord-Pas-de-Calais, les hypothèses du Service Economie, Statistiques et Prospectives du Ministère du Transport, ont été reprises, soit, pour une croissance annuelle de 1,5%, des taux de croissance annuels moyens de 1,2% pour le transport routier, de 0,1% pour le ferroviaire (1% tout mode confondus). Ceci est cohérent avec les hypothèses de croissance posées plus haut et les hypothèses liées à la production industrielle évoquées plus bas.

Industrie et agriculture

¹⁰ Service Economie, Statistiques et Prospectives du Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, "Note de mise à jour de la demande de Transports en 2025, projection des tendances et des inflexions", mai 2007

Les consommations et émissions des secteurs économiques peuvent évoluer de manière considérable en fonction de l'évolution physique du tissu économique, et en particulier du tissu industriel.

L'objectif de cet exercice étant de définir une stratégie de réduction des consommations énergétiques et carbone, **il a été choisi d'adopter un scénario économique conservateur, et de se concentrer sur les mesures d'efficacité énergétique et d'atténuation carbone. L'ensemble des scénarios sont donc réalisés à production industrielle et structure agricole constantes.**

Hypothèses sectorielles

Les hypothèses adoptées dans chacun des scénarios élaborés dans le cadre du SRCAE Nord Pas-de-Calais – « Pré-Grenelle », « Mesures Grenelle » et « Objectifs Grenelle » – sont présentées sous la forme de tableaux à la suite.

Projet SRCAE NPdC
version du 02/01/2012

Résumé

MI : Maison Individuelle

IC : Immeuble Collectif

Levier			Paramètre	< 2012	pré Grenelle			mesures Grenelle			objectifs Grenelle			
Construction neuve	Niveau du bâti neuf			2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	
			% RT2005	100%	100%	100%	100%							
			% BBC					100%			100%			
			% BEPAS						100%	100%		100%	100%	
	Parts de marché des systèmes de chauffage		MI		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
				PAC élec	17%	17%	17%	17%	25%	35%	60%	25%	35%	50%
				Gaz classique	30%	30%	30%	30%	50%	38%	0%	37%	20%	0%
				Gaz innov	0%	0%	0%	0%	0%	13%	30%	13%	20%	25%
				Elec Joule	40%	40%	40%	40%	25%	5%	0%	0%	0%	0%
				Bois	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	25%	25%	25%
				Autres	13%	13%	13%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			IC		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
				PAC élec	0%	0%	0%	0%	0%	20%	40%	5%	25%	35%
				Gaz classique	30%	30%	30%	30%	50%	35%	0%	30%	10%	0%
				Gaz innov	0%	0%	0%	0%	0%	15%	30%	5%	15%	25%
				Elec Joule	63%	63%	63%	63%	45%	20%	20%	30%	10%	0%
				Bois	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%

			Chauffage Urbain	2%	2%	2%	2%	5%	10%	10%	20%	30%	30%
			Autres	5%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Parts de marché des systèmes d'ECS	MI		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2020-2030	2012-2020	2020-2030	2020-2030	2012-2020	2020-2030	2020-2030
			Elec Joule	66%	66%	66%	66%	25%	10%	10%	15%	10%	5%
			Gaz	28%	28%	28%	28%	25%	10%	10%	15%	10%	5%
			Solaire	0%	0%	0%	0%	35%	55%	55%	50%	55%	65%
			Thermodynamique	6%	6%	6%	6%	15%	25%	25%	20%	25%	25%
		IC		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2020-2031	2012-2020	2020-2030	2020-2031	2012-2020	2020-2030	2030-2050
			Elec Joule	70%	70%	70%	70%	30%	15%	10%	15%	5%	5%
			Gaz	28%	28%	28%	28%	30%	15%	10%	15%	5%	5%
			Solaire	0%	0%	0%	0%	30%	50%	60%	50%	60%	60%
			Thermodynamique	0%	0%	0%	0%	8%	15%	15%	10%	15%	15%
			Chauffage Urbain	2%	2%	2%	2%	2%	5%	5%	10%	15%	15%
Réhabilitations thermiques dans l'existant	Maisons individuelles privées	< 1975		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
			Rythme annuel de réhabilitation	8 000	8 000			8 000			38 000		
			Part du parc touché sur la période	8%	41%			41%			92%		
			Type de rehab	faible	faible			moyen			importante		
		> 1975	Rythme annuel de réhabilitation	2 000	2 000			2 000			5 000		8 100
			Part du parc touché sur la période	5%	29%			29%			34%		61%

	Immeubles collectifs privés	< 1975	Type de rehab	faible	faible			moyen			importante		importante	
			Rythme annuel de réhabilitation	1300	1300			1300			6 000			
			Part du parc touché sur la période	8%	45%			45%			99%			
		Type de rehab	faible	faible			moyen			importante				
		> 1975	Rythme annuel de réhabilitation	700	700			700			500		2500	
			Part du parc touché sur la période	8%	45%			45%			15%		83%	
			Type de rehab	faible	faible			moyen			importante		importante	
		HLM	< 1975	Rythme annuel de réhabilitation		2000			4500	4500		10 000		
	Part du parc touché sur la période				41%			20%	75%		100%			
	Type de rehab				moyen			importante	importante		importante			
	> 1975		Rythme annuel de réhabilitation										7 500	
			Part du parc touché sur la période										96%	
			Type de rehab										importante	
	Changements de systèmes de chauffage		% du parc de logements existants équipés			2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030
		Gaz classique			59%	62,5%	66,1%	68,0%	57%	48%	9%	55%	33%	2%
Gaz innov		0%			0,0%	0,0%	0,0%	0%	4%	28%	6%	13%	28%	

dans le parc existant		PAC élec	0%	0,5%	0,5%	0,5%	8%	18%	32%	9%	18%	31%
		Elec Joule	17%	18,1%	19,0%	19,4%	17%	14%	9%	17%	11%	4%
		Bois	4%	4,9%	5,4%	5,5%	6,0%	6,2%	7,4%	6,8%	11,0%	14,3%
		Chauffage Urbain	2%	1,8%	1,8%	1,7%	4%	9%	16%	7%	13%	21%
		Fioul	11%	8,7%	5,8%	3,9%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
		GPL	1%	1,5%	1,4%	0,9%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
		Charbon	5%	1,9%	0,0%	0,0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Changements de systèmes ECS dans l'existant	% du parc de logements existants équipés		2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
		Elec Joule	29%	31%	32%	34%	30%	28%	19%	29%	26%	15%
		Gaz	54%	55%	56%	58%	55%	53%	44%	53%	33%	10%
		Solaire	0%	0%	1%	1%	5%	11%	23%	10%	25%	40%
		Thermodynamique	0%	0%	0%	1%	2%	6%	12%	5%	10%	25%
		Chauffage Urbain	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	6%	10%
		Autres	16%	11%	9%	5%	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Electricité spécifique	Evolution du besoin par logement		Besoin 2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
		Eclairage	1	0,82	0,87	0,87	0,77	0,56	0,56	0,52	0,45	0,45
		Froid	1	0,75	0,66	0,66	0,74	0,62	0,62	0,68	0,53	0,53
		Climatisation	1	1,13	1,24	1,24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Loisirs	1	1,73	2,19	2,19	1,71	2,04	2,04	1,38	1,45	1,45
		Electromenager	1	0,83	0,80	0,80	0,83	0,79	0,79	0,79	0,74	0,74
		Autres	1	1,13	1,24	1,24	1,13	1,22	1,22	1,08	1,15	1,15

Tertiaire

Levier			Paramètre	< 2012	scenario pré Grenelle			scenario mesures Grenelle			scenario objectifs Grenelle		
Construction neuve	Niveau du bâti neuf			2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
			% RT2005	100%	100%	100%	100%						
			% BBC					100%			100%		
			% BEPOS						100%	100%		100%	100%
	Parts de marché des systèmes de chauffage			2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
			CU	4%	4%	4%	4%	5%	5%	5%	10%	20%	25%
			Gaz	47%	50%	60%	60%	50%	35%	25%	30%	10%	0%
			Fioul	28%	10%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
			Electricité (Pas PAC)	20%	20%	15%	10%	10%	5%	5%	10%	0%	0%
			GPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			Charbon	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			Bois	0%	1%	2%	5%	5%	5%	5%	10%	10%	10%
			Electricité (PAC)	0%	15%	19%	21%	25%	35%	35%	35%	35%	32%
			Techno gaz innovant	0%	0%	0%	0%	0%	15%	25%	5%	25%	33%
	Parts de marché des systèm	Branches acceptant solaire (Santé, Cafés-Hôtels-Restaurants,		2005-2012	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050	2012-2020	2020-2030	2030-2050
			CU	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	10%	10%
			Gaz	53%	50%	51%	48%	25%	10%	5%	25%	5%	0%
			Fioul	25%	10%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%

	es de'ECS	Habitat com.)	Elec Joule	20%	35%	36%	33%	20%	10%	5%	20%	4%	0%
			GPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			Bois	0%	0%	1%	2%	0%	1%	2%	4%	4%	4%
			Solaire	0%	2%	5%	10%	30%	55%	61%	32%	55%	61%
			Thermo	0%	1%	5%	5%	13%	22%	25%	14%	22%	25%
		Branches n'acceptant pas solaire		2005- 2012	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050
			CU	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	10%	10%
			Gaz	53%	51%	51%	51%	45%	40%	30%	44%	25%	15%
			Fioul	25%	10%	5%	4%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
			Elec Joule	20%	36%	36%	36%	28%	22%	16%	27%	16%	11%
			GPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			Bois	0%	0%	1%	2%	0%	1%	2%	4%	4%	4%
			Solaire	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
			Thermo	0%	1%	5%	5%	15%	35%	50%	20%	45%	60%
			2005- 2012	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050	2012- 2020	2020- 2030	2030- 2050	
Réhabilitations thermiques dans l'existant	Public (Administration, Enseignement, Santé, Habitat Communautaire)	Rythme annuel de réhabilitation	%	0,5%	0,5%		2,5%	2,5%		2,5%	2,8%		
			m²	156 129	156 129		780 646	780 646		780 646	874 323		
		Part du parc touché sur la période		4%	15%		20%	75%		20%	80%		
		Type de rehab		faible	moyenne		moyenne	moyenne		import ante	Importante		
	Privé (Bureaux, Cafés- Hotels-Restaurants, Commerces, Sport-	Rythme annuel de réhabilitation	%	1,0%	1,0%		4,0%	2,0%		4,0%	2,4%		
			m²	384 859	384 859		1 539	769 718		1 539	923 661		

	Loisirs-Culture, Transport)						436			436		
		Part du parc touché sur la période		8%	30%		32%	60%		32%	68%	
		Type de rehab		Faible	Moyenne		moyenne	Moyenne		import ante	Importante	
Changements de systèmes de chauffage dans le parc existant	part surfaces du parc tertiaire équipés		2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
		CU	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	10%	19%
		Gaz	43%	45%	55%	59%	45%	51%	36%	53%	47%	8%
		Fioul	37%	31%	15%	0%	31%	10%	0%	21%	5%	0%
		Electricité (Pas PAC)	12%	14%	18%	18%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
		GPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Charbon	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Bois	0%	1%	1%	2%	1%	2%	5%	3%	4%	10%
		Electricité (PAC)	3%	3%	5%	15%	5%	15%	32%	5%	15%	31%
Changements de systèmes ECS dans l'existant	surfaces du parc tertiaire équipés	Techno gaz innovant	0%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	0%	7%	21%
			2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
		CU	0%	2%	2%	3%	2%	2%	2%	3%	6%	11%
		Gaz	30%	35%	41%	44%	34%	41%	34%	38%	37%	24%
		Fioul	46%	25%	10%	0%	25%	5%	0%	15%	0%	0%
		Elec Joule	24%	36%	41%	43%	33%	38%	33%	37%	37%	26%
		GPL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Bois	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Solaire	0%	1%	3%	6%	3%	7%	15%	4%	9%	19%

		Thermo	0%	1%	3%	4%	3%	7%	16%	4%	10%	20%
			Besoin 2005	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Electricité spécifique	Evolution du besoin par m ²	Eclairage	1	1,00	0,90	0,70	0,77	0,56	0,56	0,52	0,45	0,45
		Froid	1	1,00	1,00	1,00	0,74	0,62	0,62	0,68	0,53	0,53
		Climatisation	1	1,20	1,60	2,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Loisirs	1	1,71	2,04	2,04	1,71	2,04	2,04	1,38	1,45	1,45
		Electromenager	1	1,00	1,00	1,00	0,83	0,79	0,79	0,79	0,74	0,74
		Autres	1	1,13	1,22	1,22	1,13	1,22	1,22	1,08	1,15	1,15

Projet SRCAE Nord-Pas-de-Calais
version du 02/01/2012

Transport Voyageurs

Levier		Actions scénario Prégrenelle				Actions scénario mesures Grenelle				Actions scénario objectifs Grenelle			
aménagement du territoire	densification du territoire	Population	2005	2020	2050	Population	2005	2020	2050	Population	2005	2020	2050
		centre	1 191 000	1 221 000	1 241 000	centre	1 191 000	1 248 000	1 326 000	centre	1 191 000	1 248 000	1 326 000
		banlieue dense	906 000	888 000	817 000	banlieue dense	906 000	907 000	874 000	banlieue dense	906 000	907 000	874 000
		banlieue lâche	837 000	833 000	795 000	banlieue lâche	837 000	833 000	795 000	banlieue lâche	837 000	833 000	795 000
		frange	906 000	982 000	1 108 000	frange	906 000	938 000	972 000	frange	906 000	938 000	972 000
		rural	177 000	182 000	186 000	rural	177 000	180 000	180 000	rural	177 000	180 000	180 000
	développement de la mixité fonctionnelle	portée	2005	2020	2050	portée	2005	2020	2050	portée	2005	2020	2050
		Travail	10,1	10,1	10,2	Travail	10,1	10,1	10,0	Travail	10,1	10,1	10,0
		loisirs	6,8	6,8	6,9	loisirs	6,8	6,7	6,7	loisirs	6,8	6,1	4,3
		achats	5,2	5,2	5,2	achats	5,2	5,1	5,1	achats	5,2	4,7	3,4
		étude	6,1	6,1	6,1	étude	6,1	6,0	6,0	étude	6,1	6,0	6,0
		autres	9,2	9,2	9,2	autres	9,2	9,2	9,2	autres	9,2	9,2	9,1
Reports modaux	vers modes doux	PM mode doux	2005	2020	2050	PM mode doux	2005	2020	2050	PM mode doux	2005	2020	2050
		0 - 0,5 km	97%	97%	96%	0 - 0,5 km	97%	100%	100%	0 - 0,5 km	97%	98%	100%
		0,5 - 1 km	86%	86%	85%	0,5 - 1 km	86%	98%	100%	0,5 - 1 km	86%	91%	100%
		1 - 3 km	30%	31%	31%	1 - 3 km	30%	40%	49%	1 - 3 km	30%	43%	66%
		3 - 5 km	2%	2%	2%	3 - 5 km	2%	3%	4%	3 - 5 km	2%	12%	33%

		5 - 10 km	0%	0%	0%	5 - 10 km	0%	1%	1%	5 - 10 km	0%	4%	10%
		10+	0%	0%	0%	10+	0%	0%	0%	10+	0%	0%	0%
	vers TC		2005	2020	2050		2005	2020	2050		2005	2020	2050
		PM TC	9,0%	9,0%	9,0%	PM TC	9,0%	9,4%	9,7%	PM TC	9,0%	11,5%	14,6%
	developpement t covoiturage		2005	2020	2050		2005	2020	2050		2005	2020	2050
taux de covoiturage motif travail		1,1	1,1	1,1	taux de covoiturag e motif travail	1,1	1,1	1,1	taux de covoiturag e motif travail	1,1	1,2	1,5	
Pratique de mobilité	télétravail	part de déplacemen ts motif travail en moins	2005	2020	2050	part de déplacem ents motif travail en moins	2005	2020	2050	part de déplacem ents motif travail en moins	2005	2020	2050
		0 - 0,5 km	0%	0%	0%	0 - 0,5 km	0%	0%	0%	0 - 0,5 km	0%	0%	0%
		0,5 - 1 km	0%	0%	0%	0,5 - 1 km	0%	0%	0%	0,5 - 1 km	0%	0%	0%
		1 - 3 km	0%	0%	0%	1 - 3 km	0%	0%	0%	1 - 3 km	0%	0%	0%
		3 - 5 km	0%	0%	0%	3 - 5 km	0%	0%	0%	3 - 5 km	0%	0%	0%
		5 - 10 km	0%	0%	0%	5 - 10 km	0%	0%	0%	5 - 10 km	0%	3%	10%
		10+	0%	0%	0%	10+	0%	0%	0%	10+	0%	10%	30%
	Eco-conduite	baisse des conso unitaire de 10 %	2005	2020	2050	baisse des conso unitaire de 10 %	2005	2020	2050	baisse des conso unitaire de 10 %	2005	2020	2050
		part de la population touchée	0%	0%	0%	part de la populatio n touchée	0%	5%	25%	part de la populatio n touchée	0%	10%	50%
	Evolution du parc de véhicule			2005	2020	2050		2005	2020	2050		2005	2020

	émissions unitaires (g eq. CO2 / km) moyennes du parc automobile français	178	144	138	émissions unitaires (g eq. CO2 / km) moyennes du parc automobile français	178	136	80	émissions unitaires (g eq. CO2 / km) moyennes du parc automobile français	178	136	80

Projet SRCAE NPdC
version du 02/01/2012

Industrie

		Scénario Grenelle			Scénario Volontariste		
		2005	2020	2050	2005	2020	2050
Sidérurgie	Production primaire	36	36	36	36	30	20
	Production à partir d'acier recyclé	64	64	64	64	70	80
	Amélioration procédé primaire	100	100	100	100	100	80
	Amélioration procédé recyclage	100	90	80	100	80	60
	Rupture : Coke de Bois et séquestration	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Autres industries manufacturières	Production	100	100	100	100	100	100
	Efficacité énergétique : conso unitaire	100	97,6	94,8	100	72	48
		100	97,6	96,9	100	87	80
	Substitution énergie						
Usages transverses	moteurs	100	93	86	100	82	64
	Autre usages : Elec	100	93	86	100	79	59
	Autres usages : combustible	100	100	100	100	49	39

Agriculture

Machines agricoles	Pratique Techniques culturales simplifiées	Les techniques de "non-labour" regroupent une large variété de techniques culturales mettant en œuvre des outils divers et dont le dénominateur commun est la suppression du labour.	
		Aujourd'hui 1/3 des cultures annuelles sont implantées sans retournement préalable du sol.	Conversion annuelle de 0,75% des terres arables en techniques culturales simplifiées soit 11% (70 000 ha) entre 2006 et 2020 et +20% entre 2020 et 2050. On passera en moyenne de 72l/ha à 66l/ha.
	Matériel Réglages tracteurs & éco-conduite	L'entretien de pièces défectueuses et le réglage des tracteurs, grâce aux bancs d'essai ADEME, permettent d'économiser 10% des consommations des tracteurs testés.	
		Aujourd'hui aucun banc d'essai n'est présent dans la région	0,4% des tracteurs existants passent annuellement au banc d'essai soit 6% du parc entre 2006 et 2020 et 13% entre 2020 et 2030. On considère également que les tracteurs neufs sont moins consommateurs.
	ENR Huile Végétale Pure	La substitution du fioul par des huiles végétales pures est une initiative prometteuse mais qui nécessite encore beaucoup d'ajustement afin d'éviter de détériorer les tracteurs et les machines agricoles. On considère que ce levier n'est pas activé à l'horizon 2020.	
Fertilisation raisonnée	Pratique Respect bilan azoté équilibré	Il faut adapter les quantités d'azote apportées à l'azote résiduel dans le sol et à une estimation raisonnable des rendements espérés.	
		On considère des apports minéraux rapportés à l'hectare qui suivent les tendances de l'UNIFA : -1% d'ici 2020 et -14% d'ici 2050.	Les apports azotés minéraux sont réduits de 15% soit 10% de moins que le gisement maximal identifié par Solagro à l'horizon 2020. Entre 2020 et 2050, les réductions sont de 30% des apports minéraux.

	Pratique Cultures intermédiaires	Les cultures intermédiaires ont la capacité de fixer l'azote de l'air. Elles diminuent également les risques de lessivage pendant la période hivernale.	
		Aucune modification du taux d'implantation de cultures intermédiaires entre 2006 et 2050.	L'augmentation des cultures intermédiaires contribue à diminuer les besoins d'engrais minéraux (inclus dans les -30% et -60%).
	Pratique Fractionnement des apports	Les apports azotés doivent être adaptés au stade végétatif. Le risque d'un apport unique est un surdosage lié à une anticipation des pertes par ruissellement.	
		Aucune modification du fractionnement des apports entre 2006 et 2050.	Le fractionnement des apports contribue à diminuer les besoins d'apports minéraux (inclus dans les - 30 % et -60%).
	Pratique Azote organique	L'apport d'engrais organique permet d'économiser les émissions liées au transport et à la fabrication des engrais synthétiques.	
		Aucune modification des apports organiques par rapport à 2006	On considère une augmentation de 10% des apports organiques au détriment des apports minéraux d'ici 2020 et de -30% d'ici 2050. En outre, ces apports enrichissent du sol en matière organique : potentiel de séquestration 0,15 tC/ha/an.
	Recherche Sélection variétale	Un travail de recherche agronomique est en cours pour sélectionner les variétés moins gourmandes en azote. Attention, la course au rendement ne doit pas se faire au détriment de la résistance aux maladies qui entraînerait des apports supplémentaires de phytosanitaires.	
		Aucune modification des besoins en azote des plantes.	On considère une diminution de 5% des besoins en N des cultures d'ici 2020 et de -15% d'ici 2050.
	Matériel Amélioration matériel d'épandage	Un matériel plus précis permettrait d'éviter les pertes d'azote par volatilisation lors de l'épandage ainsi que d'adapter les apports aux besoins du sol.	
		Aucune modification.	15% du parc de machines consomment -10% d'azote par hectare d'ici 2050.

ENR

ENR	France 2009 (GWh/an)	France 2009 (GWh/an)	NPdC 2009 (GWh/an)	NPdC 2009 (GWh/an)	Perspectives France 2020 (GWh/an)	Perspectives France 2020	Perspectives NPdC 2020 (GWh/an)	Perspectives NPdC 2020
Hydraulique	58 200	3,1 %	0	0,0%	64 400	3,7%	0	0,0%
Eolien	8 000	0,4 %	600	0,5%	57 900	3,3%	3 400	3,5%
Solaire électrique	200	0,0 %	0	0,0%	6 900	0,4%	500	0,5%
Solaire thermique	900	0,0 %	0	0,0%	10 800	0,6%	600	0,6%
PAC aéroth. + géoth.	15 000	0,8 %	400	0,3%	21 500	1,2%	2 900	3,0%
Biomasse résidentiel	77 100	4,1 %	1 900	1,6%	85 800	4,9%	1 900	2,0%
Biomasse réseaux chaleur	33 100	1,7 %	100	0,1%	101 600	5,8%	1 300	1,4%
Biogaz	6 200	0,3 %	100	0,1%	10 100	0,6%	1 000	1,0%
Energies fatales (UIOM, eaux usées, industrie...)	NC	0,0 %	500	0,4%	NC	0,0%	1 300	1,3%
Agrocarburants	26 200	1,4 %	1 200	1,0%	42 500	2,4%	2 100	2,2%
Total en % de la consommation finale		11,8 %		4 %		22,9%		15,5%

Pour 2020, le taux d'incorporation d'agro-carburant fixé est de 10%.

Cahier n°3. Qualité de l'air et impacts en Nord-Pas-de-Calais

Le dispositif de suivi et d'évaluation de la qualité de l'air en région Nord-Pas-de-Calais

En Nord-Pas-de-Calais, la surveillance réglementaire de la qualité de l'air est confiée depuis 30 ans à l'association Atmo Nord-Pas-de-Calais. Cette surveillance s'appuie sur :

- Un zonage du territoire régional identifiant des zones recoupant des problématiques similaires ;
- Un dispositif technique régulièrement contrôlé assurant la fiabilité des résultats, conforme aux directives européennes, composé de 40 stations fixes et 5 stations mobiles (carte ci-dessous) ;
- Une plateforme de cartographie et de prévision de la qualité de l'air ESMERALDA ainsi que plusieurs outils de modélisation de dispersion atmosphérique ;
- Un inventaire spatialisé des émissions du Nord-Pas-de-Calais débuté en 2003 qui permet de répertorier et d'évaluer les rejets connus dans l'atmosphère de substances chimiques et particulaires par l'ensemble des émetteurs identifiés (industries, transports, agriculture, résidentiel/tertiaire/commercial, sources biogéniques), sur une zone géographique et une période données.

Par ailleurs La région Nord Pas de Calais est dotée d'une expertise en matière de biosurveillance qui peut contribuer à évaluer la qualité de l'air. Un réseau de 40 biostations (plants de tabac) est géré et suivi par l'association pour la prévention de la pollution atmosphérique et la faculté de médecine du Nord-Pas-de-Calais. La biosurveillance est l'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisations biologiques (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution. (Garrec et Van Haluwyn, 2002).

Le tabac est un bio indicateur de la pollution de l'ozone, dont les concentrations de fond risquent d'être de plus en plus importantes avec une fréquence accrue des canicules

La cartographie lichénique en cours de réalisation permettra également de cartographier la qualité de l'air de la région en se basant sur l'indice biologique des lichens épiphytes. Elle permet aussi le suivi d'espèces spécifiques en lien avec le changement climatique. Ces techniques sont normalisées depuis 2008.

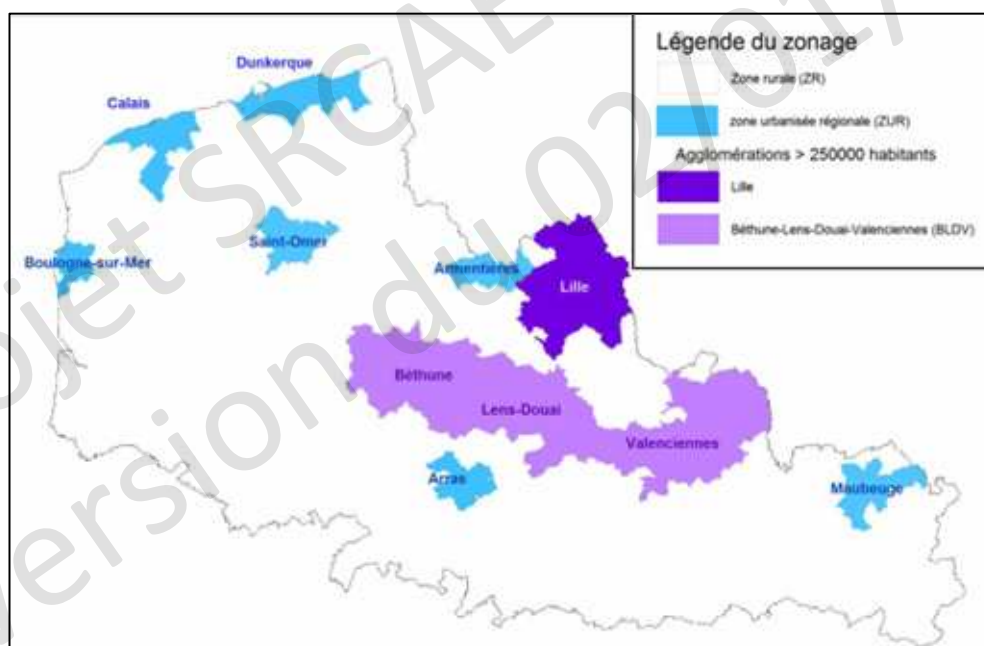
Le zonage de surveillance et les stations de mesure

4 zones de surveillance en Nord-Pas-de-Calais

Au niveau européen, les directives fixent les valeurs à respecter pour les polluants réglementés, et donnent les critères pour déterminer les méthodes d'évaluation de la qualité de l'air.

La première étape consiste en un découpage du territoire de compétence : il s'agit d'identifier des zones dont les problématiques de qualité de l'air sont relativement homogènes. En Nord-Pas-de-Calais, 4 zones administratives de surveillance (ZAS) sont définies (cf carte ci-après) :

- la ZAS de Lille (agglomération de Lille au sens INSEE, de plus de 250 000 habitants) ;
- la ZAS de Béthune-Lens-Douai-Valenciennes (regroupant le croissant urbanisé presque continu des agglomérations de Béthune, Lens-Douai et Valenciennes, de plus de 250 000 habitants) ;
- la zone urbanisée régionale (ZUR) correspondant au regroupement discontinu des agglomérations de 50 000 à 250 000 habitants (Dunkerque, Calais, Maubeuge, Arras, Armentières, Saint-Omer et Boulogne-sur-Mer) ;
- la zone rurale (ZR), constituée du reste du territoire.



Les zones administratives de surveillance en Nord-Pas-de-Calais

Dans chaque zone ainsi définie, le nombre de stations et les types de polluants surveillés sont déterminés à partir du nombre d'habitants de la zone et des polluants dont la concentration dépasse le « seuil d'évaluation ».

Le réseau de surveillance et la pertinence de l'emplacement des stations est réévalué tous les 5 ans dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA). Par ailleurs, la région dispose également d'un réseau de biosurveillance permettant

Les stations de mesure

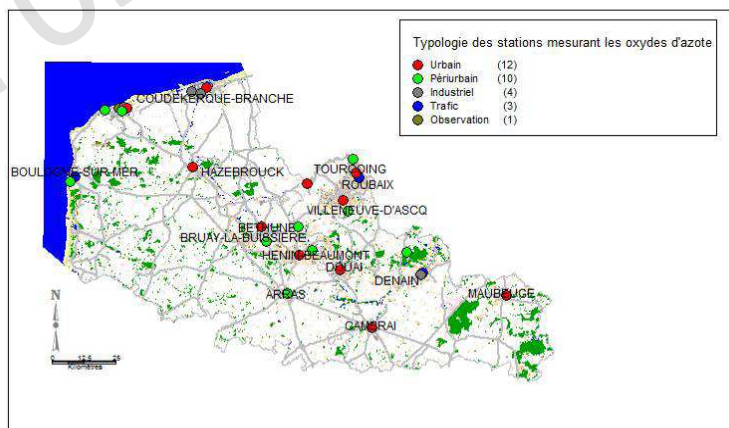
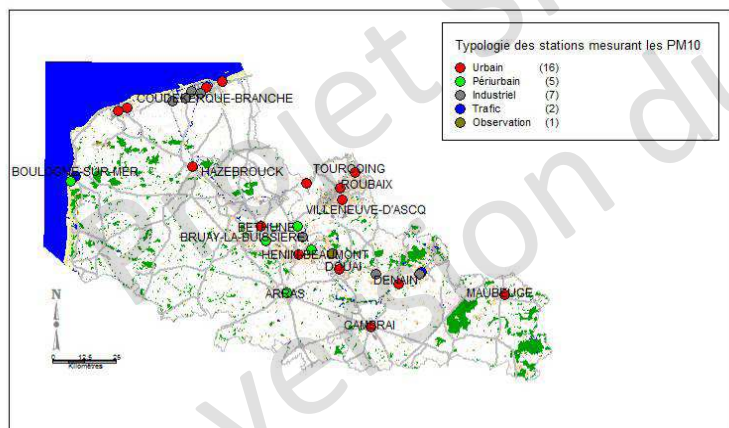
Le nombre et la répartition des stations de mesures ainsi que la typologie des polluants dont la concentration est mesurée sont déterminés selon les règles définies par les textes nationaux et européen.

Les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) définissent les échelles de mesures de la qualité de l'air en fonction de plusieurs critères : la proximité des sources de pollution (air extérieur et air intérieur), le fond urbain de pollution et le territoire régional (lieu d'émission, de transport et transformation de la pollution de l'air).

On distingue ainsi deux types de stations de mesures :

- **les stations dites « de fond »**, correspondant aux stations « urbain » et « péri-urbain », rendent compte de la pollution de fond observée au niveau de la région sans présumer du lien avec une source en particulier ;
- **les stations dites « de proximité »** visent à mesurer les concentrations de polluants à proximité des sources industrielles et celles liées au trafic automobile. Les stations « de proximité trafic » permettent d'observer les effets du trafic automobile sur la concentration en polluants dans l'environnement immédiat des infrastructures alors que les stations « de proximité industrielle » permettent d'observer les effets de sites, ou groupements de sites, industriels sur la concentration en polluants dans l'environnement proche de ces derniers.

Cette typologie permet d'affiner la compréhension et l'analyse des épisodes de pollution et leur genèse.



Les cartes des stations de mesurant les PM₁₀ (à gauche) et les oxydes d'azote (à droite) 11 en Nord-Pas-de-Calais

Ces stations permettent de répondre aux exigences réglementaires nationales. L'indice Atmo est calculé tous les jours¹² et permet de caractériser, sur une échelle agrégée de 1 à 10, la qualité de l'air

¹¹ Pour les autres polluants, se reporter aux cartes de l'annexe 5 du PSQA d'Atmo Nord-Pas-de-Calais approuvé en décembre 2010

¹² Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux indices de qualité de l'air. L'indice Atmo est construit à partir de 4 sous-indices pour les indicateurs suivants : le dioxyde d'azote (NO₂), les poussières (de taille inférieure à 10 µm : PM₁₀), le dioxyde de soufre (SO₂), l'ozone (O₃).

globale d'une agglomération de plus de 100 000 habitants. En Nord-Pas-de-Calais, le calcul de l'indice Atmo est réalisé conformément à la réglementation sur les 6 agglomérations de la région de plus de 100 000 habitants au recensement INSEE 2006 : Lille (1 016 205 habitants), Lens-Douai (512 462 habitants), Valenciennes (355 660 habitants), Béthune (257 302 habitants), Dunkerque (182 973 habitants), et Calais (103 277 habitants).

Au-delà des obligations réglementaires, 5 agglomérations de plus de 50 000 habitants bénéficient du calcul d'un IQA (indice de qualité de l'air, dont le calcul est similaire à celui de l'indice Atmo mais basé sur une station unique) : Maubeuge (96 470 habitants), Boulogne-sur-Mer (90 483 habitants), Arras (84 640 habitants), Armentières (58 458 habitants) et Saint-Omer (54 743 habitants).

En plus de ces points de prélèvements, **des mesures des PM_{2,5}** doivent également être réalisées afin d'évaluer le respect de l'objectif de réduction de l'exposition moyenne aux PM_{2,5}.

Au niveau national, il a été convenu d'installer une mesure urbaine sur chaque **agglomération de plus de 100 000 habitants**. En Nord-Pas-de-Calais, les **6 agglomérations citées ci-dessus sont donc concernées**. Ces sites peuvent coïncider avec les points de prélèvement requis pour la surveillance de la qualité de l'air ambiant.

Les outils de modélisation de la qualité de l'air et des émissions polluantes

Plusieurs outils permettent en région de prévoir et de cartographier la pollution atmosphérique, dont notamment les outils suivants.

La plateforme de cartographie et de prévision de la qualité de l'air ESMERALDA

La plateforme ESMERALDA utilise les résultats du système national PREV'AIR pour décrire la qualité de l'air au regard des concentrations horaires en NO₂, O₃ et PM₁₀ qui sont calculées quotidiennement pour les échéances J-1, J, J+1 et J+2.

Ce système fournit de multiples autres informations complémentaires : des cartographies assimilées (pour J-1), des cartographies d'indices et des prévisions météorologiques. La plateforme offre, en outre, un potentiel commun d'études de scénarios locaux ou interrégionaux.

L'ADMS Urban

L'outil ADMS Urban est une version du Système de Modélisation de Dispersion Atmosphérique (ADMS) développé par les chercheurs du CERC (Cambridge Environmental Research Consultant). Il permet de traiter dans des zones urbaines les émissions issues de sources routières, industrielles et domestiques et de décrire les concentrations en polluants dans une zone constituée de rues ouvertes ou bordées de bâtiments.

Pour le traitement de la pollution dans chacune des rues canyons considérées comme sources individuelles. Un projet de cartographie de la qualité de l'air à haute résolution sur l'agglomération Lilloise est en cours de réalisation.

L'inventaire (/cadastre) des émissions polluantes ou Outil d'Aide à la Planification Stratégique (OAPS)

Sur les aspects connaissance des sources de pollutions atmosphérique et afin de mieux comprendre le lien entre qualité de l'air observée et émissions de polluants, Atmo Nord-Pas-de-Calais s'est doté, depuis 2003, d'un inventaire spatialisé des émissions (cadastre des émissions).

Cet inventaire, qui s'appuie sur de nombreuses sources de données de consommations d'énergie et d'activités, permet, à l'image de l'inventaire national spatialisé, de répertorier et d'évaluer les rejets connus dans l'atmosphère de substances chimiques et de matières particulaires par l'ensemble des émetteurs identifiés (industries, transports, agriculture, résidentiel/tertiaire/commercial, sources biogéniques).

Cet inventaire a été actualisé et modernisé en 2011 afin d'inclure davantage de polluants et de faire évoluer les méthodes de spatialisation des émissions et leur degré de précision.

Cet outil est essentiel pour pouvoir faire le lien entre émissions polluantes du territoire et concentrations dans l'air, même si les phénomènes de diffusion et de dispersion sont très difficiles à appréhender car ils sont fonction de nombreux paramètres dont le type de polluant et le climat.

La connaissance des émissions polluantes imputables aux différents secteurs (via leurs consommations d'énergies et des facteurs d'émissions) est une donnée néanmoins très importante pour réfléchir aux orientations et mesures de lutte contre la pollution atmosphérique à retenir pour améliorer la qualité de l'air.

Cadrages réglementaires : SRCAE et qualité de l'air

SRCAE et objectifs sur la qualité de l'air

La Loi Grenelle II définit le rôle stratégique du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie en matière d'atteinte des objectifs de qualité de l'air en région.

- **Le SRCAE remplace et révisé le plan régional pour la qualité de l'air (PRQA).** Il doit donc être structuré pour permettre l'atteinte des objectifs réglementaires et le respect durable des valeurs limites reprises dans l'article R. 221-1 du code de l'environnement et fixées par les lois Grenelle I et II. Les Plan de Déplacements urbains (PDU) et les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) doivent être compatibles avec le SRCAE. La mise en compatibilité des plans existants intervient dans un délai de 3 ans à compter de l'adoption du SRCAE.

- **Une identification des zones sensibles à la qualité de l'air** doit être effectuée dans le schéma suivant la méthodologie publiée par le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) fin mars 2011.

Le contenu du SRCAE est défini par le décret n° 2011-678 du 16 juin 2011 et se compose a minima, en ce qui concerne la qualité de l'air, de :

- ⇒ un inventaire des principales émissions des polluants atmosphériques, distinguant pour chaque polluant considéré les différentes catégories de sources, ainsi qu'une estimation de l'évolution de ces émissions ;
- ⇒ une évaluation de la qualité de l'air au regard notamment des objectifs de qualité de l'air mentionnés à l'article L. 221-1 et fixés par le tableau annexé à l'article R. 221-1, de ses effets sur la santé, sur les conditions de vie, sur les milieux naturels et agricoles et sur le patrimoine ainsi qu'une estimation de l'évolution de cette qualité ;
- ⇒ des orientations destinées à prévenir ou à réduire la pollution atmosphérique afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air mentionnés aux articles L. 221-1 et R. 221-1. Le cas échéant, ces orientations reprennent ou tiennent compte de celles du plan régional pour la qualité de l'air auquel le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie se substitue.
- ⇒ Ces orientations sont renforcées dans les zones où les valeurs limites de la qualité de l'air sont, ou risquent d'être dépassées, et dites sensibles en raison de l'existence de circonstances particulières locales liées à la protection des intérêts définis à l'article L. 220-2, pour lesquelles il définit des normes de qualité de l'air lorsque les nécessités de cette protection le justifient.

Les polluants réglementés

Les normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement, sont établies par polluant comme présenté dans les pages suivantes.



Comment lire les tableaux suivants ?

Objectif de qualité : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates

Seuil d'alerte : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Valeur cible : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné.

Valeur limite : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Le dioxyde d'azote et l'ozone

DIOXYDE d'AZOTE (NO ₂)		
Objectif de qualité	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites 2010 pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeur limite pour la protection de la végétation	30 µg/m ³	en moyenne annuelle d'oxydes d'azote
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuils d'alerte	400 µg/m ³	en moyenne horaire
	ou si 200 µg/m ³ en moyenne horaire à J-1 et à J et prévision de 200 µg/m ³ à J+1	

Les normes de qualité du dioxyde d'azote (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

OZONE (O ₃)		
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures par an
Objectif de qualité pour la protection de la végétation	6 000 µg/m ³ .h.	en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet
Valeur cible à compter de 2010 pour la protection de la santé humaine	120 µg/m ³	maximum journalier de la moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an (en moyenne sur 3 ans)
Valeur cible à compter de 2010 pour la protection de la végétation	18 000 µg/m ³ .h.	en AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet (en moyenne sur 5 ans)
Seuil d'information et de recommandation	180 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	240 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuils d'alerte nécessitant la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence	1 ^{er} seuil : 240 µg/m ³	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	2 ^{ème} seuil : 300 µg/m ³	moyenne horaire pendant 3 heures consécutives
	3 ^{ème} seuil : 360 µg/m ³	en moyenne horaire

Les normes de qualité de l'ozone (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

Les particules PM₁₀ (diamètre <10µm)

PARTICULES (PM ₁₀)		
Objectif de qualité	30 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³	en moyenne sur 24 heures
Seuil d'alerte	80 µg/m ³	en moyenne sur 24 heures

Les normes de qualité sur les particules PM₁₀ (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

Les particules PM_{2,5} (diamètre <2,5µm) :

Le plan « Particules » publié en juillet 2010¹³ prévoit un certain nombre de mesures nationales et régionales que les SRCAE doivent décliner. L'objectif du Plan vise notamment, d'ici 2015, à réduire de 30 % les concentrations de particules PM_{2,5} par rapport au niveau observé en 2008.

Par ailleurs, la loi Grenelle I prévoit que la France pourrait adopter des objectifs plus ambitieux que la réglementation européenne en visant une valeur limite de 15 µg/m³ en 2015 (article 81). Cet objectif n'est cependant pas encore traduit réglementairement.

PARTICULES (PM _{2,5})		
Objectif de qualité	10 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeur cible pour la protection de la santé humaine	20 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeur limite 2010 pour la protection de la santé humaine	29 µg/m ³ (25 µg/m ³ en 2015)	en moyenne annuelle

Les normes de qualité sur les particules PM_{2,5} (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

Les autres polluants (dioxyde de soufre, benzène, monoxyde de carbone)

DIOXYDE de SOUFRE (SO ₂)		
Objectif de qualité	50 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350 µg/m ³	en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures par an
	125 µg/m ³	en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Valeur limite pour la protection des écosystèmes	20 µg/m ³	en moyenne annuelle et en moyenne sur la période du 1er octobre au 31 mars
Seuil d'information et de recommandation	300 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³	en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

Les normes de qualité du dioxyde de soufre (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

BENZÈNE		
Objectif de qualité	2 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeur limite 2010 pour la protection de la santé humaine	5 µg/m ³	en moyenne annuelle

Les normes de qualité du benzène (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

¹³ Le plan est consultable sur le site du MEEDTL

MONOXYDE de CARBONE (CO)		
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	10 mg/m ³ soit 10 000 µg/m ³	pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures

Les normes de qualité du monoxyde de carbone (Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air)

La place de la région Nord-Pas-de-Calais dans le contentieux européen

Dans le cadre de la réglementation européenne, la France doit régulièrement faire état de son respect des normes et objectifs de qualité de l'air sur lesquels elle s'est engagée à travers les directives et règlements qu'elle a approuvés.

Lorsqu'il advient qu'un Etat membre ne respecte pas les objectifs fixés, la commission européenne cherche à connaître les raisons à l'origine de ce non respect. Si ces raisons ne sont pas considérées comme suffisantes, la commission peut alors entamer une procédure de pré-contentieux consistant à notifier à l'Etat membre son infraction et à le mettre en demeure de se mettre en conformité dans les plus brefs délais.

Si le non-respect perdure, la commission peut alors saisir la Cour de justice des communautés européennes (CJCE) pour condamnation de l'Etat membre à une amende qui, en matière d'environnement, est souvent forfaitaire et accompagnée d'astreintes journalières très dissuasives.

La France est actuellement concernée par un contentieux sur le non respect des normes de qualité de l'air pour les poussières PM₁₀. Une saisine de la CJCE a eu lieu le 19 mai 2011 avec pour conséquence une lourde amende potentielle.

En 2010, la France avait demandé à être exemptée du respect des normes sur les poussières pour des raisons de manque de connaissance sur l'origine des poussières et de l'importance potentielle de l'impact de la pollution transfrontalière dans les niveaux relevés, notamment en Nord-Pas-de-Calais. La Commission européenne a refusé cette demande et a assorti sa réponse de quelques injonctions concernant le Nord-Pas-de-Calais :

- Sur la base des informations fournies, la Commission constate que la circulation et l'industrie sont les principales sources d'émission au niveau local pour la zone « Dunkerque PPA » ;
- La principale source d'émission au niveau local pour les zones « Valenciennes PPA », « Territoire du Nord-Pas-de-Calais » et « ZAS Lens-Béthune-Douai » semble être la circulation ;
- Dans la zone « Territoire du Nord-Pas-de-Calais », la principale source d'émission en ce qui concerne la pollution de fond urbaine est l'agriculture, suivie de l'industrie, y compris la production de chaleur et d'électricité ;
- Dans les zones « Lille PPA » et « ZAS Lens-Béthune-Douai », les principales sources au niveau urbain sont l'agriculture, l'activité industrielle, les activités commerciales et résidentielles et la circulation.

Pour toutes les zones, des contributions transfrontalières sont étayées par des documents et semblent plausibles.

S'agissant des mesures à appliquer dans les zones visées par ces dépassements, les autorités françaises ont cherché à démontrer qu'elles avaient tenu compte de la quasi-totalité des mesures. Cependant, deux sous-catégories relevant des marchés publics, à savoir les sources de combustion fixes produisant une faible quantité d'émissions et les carburants et combustibles produisant une faible quantité d'émissions, semblent n'avoir été prises en compte dans aucune des zones notifiées. Pour la zone de « Dunkerque PPA », les services de transport utilisant des véhicules moins polluants n'ont pas non plus été pris en compte.

Principaux repères sur les connaissances scientifiques sur l'analyse de la qualité de l'air et de ses impacts en région Nord-Pas-de-Calais

La qualité de l'air dépend de nombreux facteurs

Qu'entend-t-on par pollution atmosphérique ?

L'article L220-2 du Code de l'environnement définit la pollution atmosphérique sous ces termes :

« Constitue une pollution atmosphérique au sens du présent titre l'introduction par l'homme, directement ou indirectement ou la présence, dans l'atmosphère et les espaces clos, d'agents chimiques, biologiques ou physiques ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

Cette définition a été modifiée par la Loi Grenelle II qui a ajouté les termes « ou la présence » à l'article existant afin que les polluants d'origine naturelle soient reconnus et analysés au même titre que les polluants d'origine anthropique.

Le comportement des polluants dépend de plusieurs facteurs qui influent sur les mesures de qualité de l'air.

En montant dans l'atmosphère, une particule de polluant se dilate et se refroidit car elle est soumise à des pressions de plus en plus faibles. Inversement, en descendant, elle s'échauffe car elle est soumise à des pressions croissantes qui la compriment. Il en résulte que l'ascension d'un volume

d'effluent dépend de la différence entre sa température et celle des couches d'air qu'il traverse, sachant que l'effluent peut, en montant, se refroidir plus ou moins vite que l'air ambiant.

La dispersion et le transport des polluants dans l'air dépendent ainsi de l'état de l'atmosphère, mais aussi des conditions météorologiques (turbulence atmosphérique, vitesse et direction du vent, ensoleillement, stabilité de l'atmosphère, etc.).

Cette dispersion et ce transport s'effectuent notamment dans une tranche d'atmosphère qui s'étend du sol jusqu'à 1 ou 2 km d'altitude, appelée la couche de mélange atmosphérique. Dans cette couche, les polluants peuvent en outre subir des transformations chimiques plus ou moins complexes. Certains polluants dont la durée de vie est élevée peuvent également être transportés à plus haute altitude, voire dans la stratosphère (couche d'air comprise entre 8 et 40 km d'altitude).

Les grandes caractéristiques climatiques et leurs influences sur la qualité de l'air régional

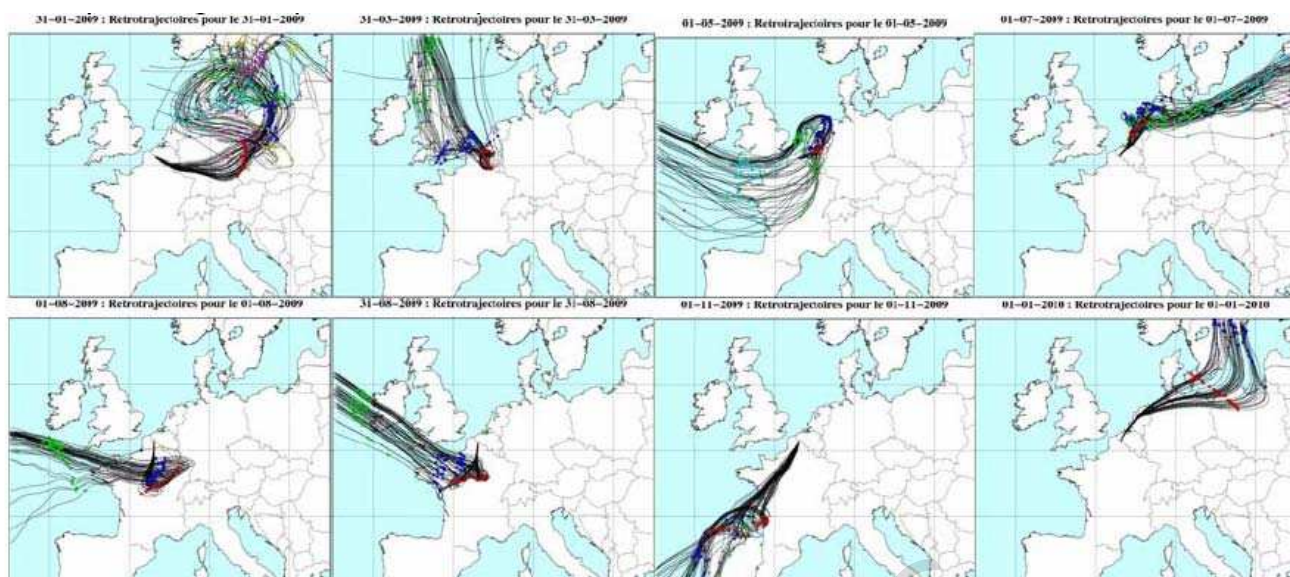
Bordée par l'extrémité sud de la mer du Nord et par la Manche et située à l'ouest de la grande région des plaines d'Europe Centrale, la région est soumise à des influences météorologiques contrastées. Le climat est en effet à tendance océanique sur le littoral et plus continentale à l'intérieur des terres.

Si la moyenne pluviométrique est de 700 mm/an pour 126 jours de pluie (Météo-France), celle-ci cache d'importantes disparités à l'échelle régionale : on dénombre ainsi plus de 1 000 mm de pluie/an en moyenne sur les hauteurs de l'Artois qui accrochent les masses d'air très humides contre un peu moins de 600 mm sur la Flandre intérieure et le Cambrésis. Pour le reste, la région subit un climat de type océanique modulé par sa position septentrionale. A l'est, sur l'Avesnois, s'esquisse un climat plus continental (800 à 900 mm en moyenne, automne peu pluvieux, activité instable en mai - juin). Cette pluie permet le lessivage fréquent des aérosols, limitant ainsi leur accumulation dans l'air.

Du fait de sa position géographique et des conditions météorologiques, l'ensoleillement annuel de la région est de 1 617 heures, soit le plus faible de France (Météo-France). Cela présente l'avantage de réduire notablement la transformation photochimique des polluants, même si, pour l'ozone, des dépassements ponctuels des seuils réglementaires sont observés.

Le climat, les phénomènes météorologiques et donc la dispersion des polluants résultent de la combinaison de facteurs locaux et de facteurs à dimension plus globale. En effet, une fois passés dans la troposphère les polluants peuvent se déplacer sur plusieurs centaines de kilomètres.

Comme l'illustrent les cartes de rétrotrajectoires issues de la plateforme de modélisation interrégionale *Esmeralda*, les masses d'air arrivant sur Lille peuvent potentiellement apporter par advection sur la région une partie de la pollution britannique, belge, ou parisienne, qui vient s'ajouter aux émissions locales.



Exemple de rétro trajectoires des masses d'air en 2009 (Source Esmeralda)

Aux facteurs synoptiques, s'ajoutent les facteurs locaux, dont ceux liés à la proximité maritime. L'influence des brises de mer sur l'accumulation des polluants atmosphériques dans la région dunkerquoise a été démontrée dans la thèse de Charles Talbot (ULCO) et celle de Juliette Rimetz (EMD).

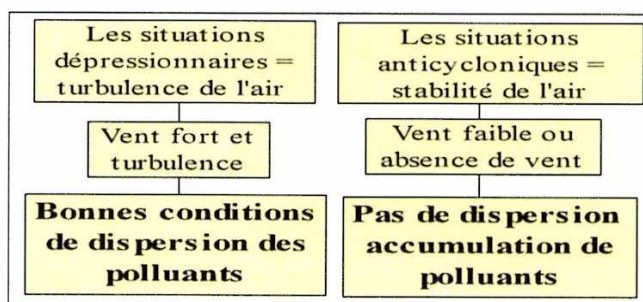
D'autres paramètres météorologiques telle que la couche limite marine, première barrière naturelle à la dispersion verticale des polluants, jouent également un rôle, d'autant que le littoral dunkerquois est extrêmement industrialisé.

Enfin, d'autres études ont montré que les embruns modifient les réactions chimiques dans l'atmosphère, en particulier sur les HOx et les NOx (Williams et al, 2001) et que les ions marins présents dans la couche limite marine accélèrent les réactions conduisant à une diminution des NOx (Sanders et al, 2007).

La dispersion des polluants

La turbulence atmosphérique et le vent

La turbulence atmosphérique est un phénomène ayant deux origines distinctes (thermique et mécanique) qui consiste en une irrégularité dans les mouvements du vent et provoque la dispersion des polluants dans l'air.



La turbulence de l'air favorise la dispersion des polluants

Il existe une relation évidente entre la vitesse du vent et les niveaux de concentrations de polluants. Le vent est un facteur essentiel permettant d'expliquer la dispersion des émissions polluantes. Il intervient tant par sa direction, laquelle oriente les panaches de pollution, que par sa vitesse qui conditionne la dilution, la dispersion et l'entraînement des émissions de polluants. **La dispersion des polluants augmente ainsi avec la vitesse et la turbulence du vent** : c'est ainsi que la dispersion des polluants est facilitée au fur et à mesure de leur élévation, la vitesse du vent augmentant avec l'altitude.

A contrario, un vent faible favorise l'accumulation des polluants. Ainsi, avec un vent de force moyenne et de mauvaises conditions de rejet des effluents (cheminée trop basse, vitesse d'éjection des gaz insuffisante, etc.), il peut se produire un phénomène de retombée en panache vers le sol (figure suivante). Les vents forts au contraire provoquent un écrasement de panache (cas de Calais).



Phénomène de retombée en panache (CRDP de l'académie d'Amiens)

L'ozone représente un cas particulier. En effet, en été, un vent fort permet la dispersion de l'ozone, ce qui améliore la qualité de l'air alors qu'en hiver, un vent fort peut provoquer un apport d'ozone « naturel ».

L'ensoleillement et la température

L'ensoleillement provoque un réchauffement des sols et des surfaces. Ceci entraîne des phénomènes de convection qui sont à l'origine de mouvements verticaux et horizontaux de l'atmosphère (l'air chaud étant plus léger que l'air froid).

La température, quant à elle, agit sur la chimie des polluants et tend à modifier les conditions de dispersion des polluants. **Le froid diminue la volatilité de certains gaz et limite ainsi leur dispersion** tandis que la chaleur estivale et le rayonnement solaire favorisent la formation de l'ozone photochimique et encouragent l'évaporation des composés organiques volatils.

L'inversion thermique

En conditions normales la température décroît avec l'altitude permettant à l'air chaud contenant les polluants au niveau du sol de remonter et de se disperser. En condition d'inversion de température (ou inversion thermique), le sol se refroidit de façon importante pendant la nuit rendant la température à quelques centaines de mètres d'altitude supérieure à celle mesurée au niveau du sol.

Les polluants se retrouvent alors bloqués sous une couche d'inversion qui joue le rôle de couvercle thermique. S'il n'y a pas de vent au même moment, **les polluants peuvent augmenter dans des proportions importantes**. Les inversions peuvent être observées tout au long de l'année par des nuits sans nuages avec un refroidissement fort du sol. En hiver, le réchauffement diurne n'est pas

toujours suffisant pour faire disparaître cette inversion de basse couche qui a tendance à s'affirmer au fil des jours au cours de longs épisodes froids persistants.

L'humidité

L'humidité influence la **transformation des polluants primaires émis**. Elle favorise la formation d'acide sulfurique (H_2SO_4) à partir du dioxyde de soufre (SO_2) ainsi que la synthèse d'acide nitrique (HNO_3) à partir des oxydes d'azote (NO_x).

Les précipitations

Les précipitations sont généralement associées à une atmosphère instable, qui permet une bonne dispersion de la pollution atmosphérique. Si elles entraînent au sol les polluants les plus lourds, elles peuvent également parfois accélérer leur dissolution. Les **concentrations en polluants dans l'atmosphère diminuent nettement par temps de pluie**, notamment pour les poussières et les éléments solubles tels que le SO_2 .

La transformation

Le temps de séjour des polluants dans l'atmosphère dépend de leur capacité à se déposer sous forme sèche (sol, végétaux) ou humide (dissolution ou lessivage) ou à se transformer chimiquement. Cette transformation peut être provoquée par leur mélange dans l'atmosphère ou par une exposition à des conditions météorologiques particulières. Ainsi, la combinaison d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils en présence des rayonnements ultraviolets par exemple conduit à la formation de photooxydants puissants tels que l'ozone.

Au printemps et en été sous l'effet du rayonnement solaire, certains polluants peuvent se transformer à la rencontre d'autres polluants : on obtient alors des polluants dits secondaires, car ils ne sont pas émis directement dans l'atmosphère. C'est le cas de l'ozone et de certaines particules.

L'immission

L'immission est le résultat des différentes étapes décrites ci-dessus et désigne les taux de pollution mesurés dans l'air ambiant. Les polluants dits « primaires » sont directement émis et se retrouvent de ce fait en grande quantité près des sources d'émission. Il s'agit d'une pollution dite de proximité. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des sources, ces polluants primaires diminuent en concentration par effet de transport et de transformation pour laisser place aux polluants « secondaires » créés suite à ces transformations.

La mesure de l'immission est représentative de la qualité d'un milieu en ce qu'elle permet de prendre en compte la concentration de l'ensemble des polluants primaires et secondaires présents.

Les dépôts humides et secs

Les **dépôts humides** peuvent être définis comme le transfert de matières de l'atmosphère sur des surfaces dû aux précipitations (pluie, neige, grêle, brouillard, nuages de montagnes).

On distingue généralement les dépôts humides associés aux précipitations (pluie, neige, grêle), qui sont les plus importants, des dépôts humides occultes associés à l'impact de gouttelettes de nuage sur une montagne ou la sédimentation de gouttelettes de brouillards.

Lors d'une précipitation, deux principaux processus contribuent à la formation d'un dépôt humide :

- D'une part, des particules jouent le rôle de noyaux de condensation pour des gouttes de nuage et les polluants présents dans ces particules sont donc incorporés dans celles-ci ;
- D'autre part, des polluants gazeux ou particuliers sont captés par les gouttes de nuage ou de pluie dans le nuage. Les polluants gazeux sont captés par dissolution dans la phase aqueuse, là où les polluants particuliers sont captés lorsque la particule entre en collision avec une goutte de nuage ou de pluie. Ces processus ont lieu dans le nuage et sont généralement considérés comme le « *rain-out* ».

Les dépôts secs peuvent être définis comme le transfert de matière de l'atmosphère sur des surfaces pour des raisons qui ne dépendent pas de précipitations (sédimentation, adsorption, absorption, réaction chimique).

Les polluants atmosphériques peuvent se déposer sur les surfaces bâties, la végétation, les sols et les eaux de surface par des processus « secs ».

Les processus fondamentaux qui mènent à des dépôts secs sont la sédimentation, les impacts par inertie ou interception et la diffusion. Les trois premiers mécanismes concernent seulement les particules alors que la diffusion concerne les polluants gazeux et particuliers.

Les vitesses de dépôt des particules dépendent des conditions météorologiques et de la rugosité de la surface d'une part et de la taille des particules d'autre part. Les particules fines comprises entre 0,1 et 1 microns de diamètre environ ont les vitesses de dépôt les plus faibles. La vitesse de sédimentation n'est importante que pour les très grosses particules.

Les réémissions

Certains polluants qui ont été déposés sur une surface peuvent être réémis dans l'atmosphère. Il est important de prendre en compte ces processus de réémission si l'on souhaite établir un bilan exact du transfert des polluants de l'atmosphère vers un écosystème défini. Cela semble être le cas pour certaines particules, notamment au niveau des axes de transports.

Ce processus de réémission peut prendre plusieurs formes. Dans sa forme la plus simple, le polluant est réémis sous la même forme que celle qu'il avait lors de son dépôt. La réémission d'un polluant peut aussi avoir lieu après transformation chimique. C'est le cas par exemple pour les oxydes d'azote (NO et NO₂) qui sont émis des sols après dénitrification de composés tels que des nitrates ou de l'ammoniac. C'est aussi le cas pour le mercure qui peut se déposer sous forme de mercure oxydé gazeux et, après réduction dans le sol ou en milieu aquatique, peut être réémis sous forme de mercure élémentaire (forme très insoluble dans l'eau et très volatile).

Les polluants organiques persistants se déposeront plus facilement lorsque la température est basse, mais pourront être réémis lorsque la température s'élèvera de nouveau (la volatilité est fonction de la température).

Analyse des impacts de la pollution atmosphérique sur la santé humaine

L'impact de la qualité de l'air sur la santé est aujourd'hui avéré. Depuis une vingtaine d'année, de nombreuses études épidémiologiques à travers le monde ont montré que l'exposition de la population à la pollution atmosphérique était associée à des effets à court-terme sur la morbidité et la mortalité.

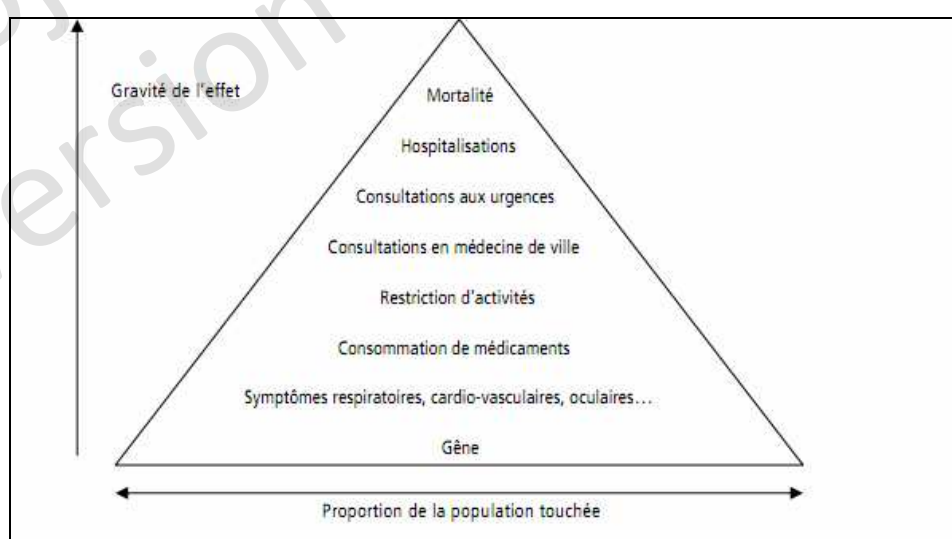
Les données épidémiologiques sur les effets à long-terme des polluants sont moins nombreuses. Cependant, les résultats de plusieurs études de cohortes ont montré que l'exposition aux particules fines pouvait avoir des conséquences à long terme sur l'espérance de vie, sur la genèse ou l'aggravation de maladies cardio-vasculaires, de l'insuffisance respiratoire, de l'asthme ou de certains cancers.

Enfin, des polluants encore non réglementés peuvent également présenter des risques pour la santé humaine, et la toxicologie reste un outil incontournable à leur hiérarchisation.

Les résultats des travaux épidémiologiques et toxicologiques montrent donc que les niveaux de pollution observés dans l'atmosphère des villes sont associés à un risque pour la santé. Ces études n'ont en revanche pas permis de définir de seuil en dessous duquel aucun effet ne serait plus observé sur la population.

Les actions de prévention des effets sur la santé de pollution de l'air ne peuvent donc se contenter de gérer les pics de pollution : elles doivent viser à diminuer les niveaux moyens d'exposition de la population et donc agir sur les sources d'émission, sur le long terme.

Les risques associés à l'exposition à la pollution atmosphérique peuvent paraître faibles, par comparaison à des facteurs de risque comme le tabac par exemple. Cependant, l'effectif de population exposée est lui très important. L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est donc significatif et les bénéfices de politiques publiques visant à améliorer la qualité de l'air peuvent être substantiels.



« Pyramide » des effets sanitaires de la pollution atmosphérique (OMS 2000)

Les principales caractéristiques et effets sur la santé humaine des substances visées par le SRCAE (particules, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, ammoniac, composés organiques volatils et ozone) sont rappelées ci-après.

Ces considérations impliquent que les schémas régionaux contribuent à l'identification des zones sensibles particulièrement impactées par ces polluants atmosphériques et, le cas échéant, à l'évaluation de leurs effets potentiels sur la santé des populations concernées localement.

La définition de ces zones permettra :

- de proposer les mesures de gestion adéquates en termes de réduction des émissions, des concentrations et/ou des expositions
- et de mesurer l'efficacité des mesures prises, y compris en termes de gain pour la santé.

Les études d'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique au niveau local permettent de quantifier les gains sanitaires attendus pour les effets les plus graves (mortalité, hospitalisation).

Les polluants atmosphériques visés par le SRCAE et leurs effets sur la santé et les écosystèmes

La gestion des particules, une problématique complexe

La communauté scientifique s'attelle depuis plusieurs décennies à déterminer l'impact des particules fines sur la santé humaine et sur le climat dans le but d'aider les décideurs à prendre des mesures efficaces pour la protection de la santé humaine.

Les directives européennes de plus en plus restrictives poussent les gouvernements des Etats membres à prendre des dispositions afin de réduire la pollution particulaire. Cette préoccupation est particulièrement pressante dans la région « hotspot » de l'Europe centro-occidentale qui se caractérise par une grande densité d'activités et de population (EMEP, 2005). Chaque pays de l'Union européenne doit disposer d'un réseau de mesures extrêmement stable et fiable pour objectiver l'évolution des concentrations des particules dans l'atmosphère. **Pour les agglomérations d'environ un million d'habitants, les directives européennes imposent que chaque polluant réglementé soit mesuré à quatre endroits différents, à l'exception des PM_{2,5} pour lesquels deux postes de mesure suffisent.**

La problématique des particules est complexe à cause de la variabilité de leur composition physico-chimique, du manque d'emprise sur la formation de particules secondaires dans l'atmosphère, de leurs conditions de transport et de leur durée de vie. Les particules constituent dès lors un important problème transfrontalier au même titre que l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone troposphérique. Il est clair qu'il faudra unir les efforts à tous les niveaux de pouvoir, de l'échelle locale à l'échelle continentale.

Les principales caractéristiques des particules à retenir

Les particules, des polluants atmosphériques sans définition chimique

« Poussières » est un terme générique désignant toutes les particules de matière en suspension dans l'air ambiant. On les appelle également « aérosols » ou « *Particulate Matter (PM)* ». Il s'agit d'un mélange complexe de petites particules solides et de gouttelettes liquides.

C'est le seul polluant atmosphérique pour lequel aucune définition chimique n'est utilisée du fait de la **vaste gamme de composition physico-chimique** de ces dernières. En fonction de la température et de l'hygrométrie, certaines particules en suspension peuvent contenir une quantité importante et variable d'humidité et de composés volatils. D'autres particules, entre autres les sels d'ammonium, se dissocient quand la température augmente et que l'air devient plus sec.

Vu leur grande variation de taille et de composition physico-chimique, les impacts des particules sur la santé et sur le climat sont très variés.

Emission versus immission de particules

Les émissions, exprimées en unité de masse par unité de temps (par exemple kilo tonne par an, kt/an), représentent la quantité de particules émises directement ou indirectement par le transport routier, le secteur résidentiel, le secteur tertiaire ou le secteur industriel.

Ces émissions sont quantifiées en utilisant les données de consommation des principales sources émettrices et en utilisant les facteurs d'émission (exprimés en g/J) qui évaluent la quantité de polluant émise pour une certaine quantité d'énergie consommée. Les émissions permettent de déterminer les contributions des différentes sources des polluants et de cibler les secteurs sur lesquels il est nécessaire d'agir. Une fois émises, les particules sont dispersées plus ou moins efficacement dans l'air en fonction des conditions météorologiques (vent, hauteur de la couche de mélange, inversion thermique).

Les valeurs des immissions correspondent aux concentrations mesurées dans l'air ambiant. Elles sont exprimées en unité de masse par volume d'air (par exemple en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM).

L'évaluation de la qualité de l'air se base sur les immissions et non pas sur les émissions.

Classification des particules d'après la granulométrie

On considère différentes tailles de particules qui sont déterminées en fonction du diamètre aérodynamique, appelé ci-après « diamètre » :

- ⇒ Les particules totales (PM ou TSP) : l'ensemble des particules dans l'air
- ⇒ Les particules fines (PM_{10}) : les particules de diamètre inférieur à $10\ \mu\text{m}$
- ⇒ Les particules très fines ($\text{PM}_{2,5}$) : les particules de diamètre inférieur à $2,5\ \mu\text{m}$

Classification des particules d'après l'origine et la formation

Les particules présentes dans l'air ambiant sont d'origines multiples :

- **Les particules naturelles** proviennent de processus naturels. La directive 1999/30/CE mentionne comme « événement naturel » les éruptions volcaniques, les activités sismiques,

les activités géothermiques, les feux de terres non cultivées, les vents violents, la remise en suspension atmosphérique ou le transport de particules naturelles provenant de régions désertiques. La directive 2008/50/CE ajoute à cette liste initiale les embruns marins et met en place des dispositions pour annuler les effets du sablage et du salage hivernal des routes qui peuvent causer une hausse de la concentration.

- **Les particules anthropiques** sont émises par des activités humaines telles que celles résultant de combustion, de processus industriels, de formation de suies, de l'usure des revêtements routiers, de travaux de démolition, de chantiers de construction, de stockage et manutention de matières en vrac, d'abrasion, etc.

Selon que les particules sont émises telles quelles ou qu'elles se sont formées dans l'air suite à des réactions chimiques à partir d'autres polluants, on distingue :

- **les particules primaires** (provenant de sources naturelles ou anthropiques listées ci-dessus);
- **les particules secondaires** (formation de sulfates, formation de nitrates, nucléation de molécules de gaz, réactions gazeuses dans des gouttelettes d'eau).

Les particules secondaires se forment dans des conditions météorologiques particulières et sont le résultat d'une combinaison avec des molécules naturellement présentes dans l'atmosphère provenant de précurseurs gazeux polluants tels que les composés organiques volatils (COV), l'ammoniac (NH_3), l'acide nitrique (HNO_3) et les dérivés soufrés liés aux émissions de SO_2 . L'ammoniac provient essentiellement du secteur de l'agriculture alors que l'acide nitrique est formé à partir de l'oxydation des NO_x (transformation du NO en NO_2) émis par la combustion du fuel. En milieu urbain, le NO_x provient principalement du trafic ainsi que du chauffage des bâtiments. Les NO_x qui sont convertis rapidement en HNO_3 peuvent soit être lessivés en cas de pluie (le HNO_3 est très soluble dans l'eau), soit réagir avec une particule et former du nitrate particulaire. Si la température est assez élevée, ce nitrate particulaire peut soit s'évaporer soit être lessivé en cas de pluie. La proportion d'aérosols secondaires est loin d'être négligeable.

Les particules dont le diamètre est compris entre 10 et $2,5 \mu\text{m}$ sont essentiellement des particules primaires qui proviennent de l'abrasion mécanique de matières solides (frottement de surface, chantiers de construction et démolition, traitement de sols, etc.). Par temps sec, la concentration de PM_{10} dépend de l'équilibre entre la dispersion dans l'air et la retombée par gravité.

Les $\text{PM}_{2,5}$ se partagent entre particules primaires et particules secondaires. Les $\text{PM}_{2,5}$ primaires sont principalement des particules carbonées provenant de la condensation de vapeurs très chaudes pendant la combustion de matières organiques fossiles (charbon, fuel, diesel, etc.) ou de biomasse (bois, etc.). Celles-ci sont de plus en plus communément appelées « *particules diesel* » stigmatisant par là la source actuellement la plus controversée en milieu urbain.

Les particules ultrafines (PM_1) et les nanoparticules ($\text{PM}_{0,1}$) ne sont pas encore analysées de manière régulière. Ces particules proviennent majoritairement de la combustion d'énergie fossile et sont les particules qui semblent être les plus nocives pour l'organisme. Font partie des PM_1 , les particules de suie, le plomb originaire du trafic, le carbone élémentaire et une grande partie des sels d'ammonium.

Ces clarifications d'origine et de formation font apparaître que les particules mesurées ne sont pas nécessairement émises ou formées à l'endroit même où elles sont détectées, mais au contraire peuvent venir de très loin. A ce propos, on distingue :

- les particules endogènes à une région,
- les particules exogènes qui ont été transportées sur de grandes distances.

Pour interpréter correctement les concentrations en PM_{10} dans un endroit donné, il faut savoir qu'une proportion importante mais variable est constituée de particules $PM_{2,5}$ et que les valeurs mesurées sont le résultat de la formation d'aérosols secondaires en plus des particules émises à proximité et à distance par des activités humaines et naturelles.

Les effets sur la santé

Chez l'Homme, la principale voie de pénétration des particules est **l'inhalation**. La distribution au sein du tractus respiratoire est notamment dépendante de la taille des particules, certains composés adsorbés peuvent être distribués dans l'organisme en fonction de leur nature chimique et agir ensuite localement.

En toxicité aiguë chez l'Homme, on observe un excès de mortalité (court et long terme) et de morbidité par pathologies cardiovasculaires. Lors d'expositions chroniques, les PM induisent chez l'homme des effets cardiovasculaires (altérations du système vasculaire, troubles du rythme cardiaque), hématiques (troubles de la viscosité et de la coagulation) et pulmonaires de type inflammation. Ces effets sont modulés en fonction de la nature des particules ou des composés chimiques absorbés sur ces dernières. Ils peuvent être **exacerbés chez les populations sensibles** : nouveau-nés, jeunes enfants, personnes allergiques, personnes âgées, sujets présentant des antécédents respiratoires, etc.

L'analyse des principales études disponibles semble montrer le potentiel génotoxique des particules et des effets mutagènes pour différents types de particules (de sources urbaines liées aux fumées d'incendie, au diesel, etc.) ont été rapportés.

Les effets sur la santé se font sentir à court mais surtout à long terme selon la durée d'exposition :

- exposition de courte durée : risques d'apparition de réactions inflammatoires des poumons, de symptômes respiratoires et d'effets néfastes sur le système cardiovasculaire pouvant conduire à des décès anticipés ;
- exposition de longue durée : les effets sont ici plus importants comme l'aggravation de l'asthme, la toux et les bronchites chez les enfants, la réduction des fonctions pulmonaires et la diminution de l'espérance de vie (mortalité cardio-pulmonaire et cancer des poumons).

En Nord-Pas-de-Calais, la situation est quasiment aussi critique qu'en Belgique étant donné les mesures similaires de niveaux de particules fines dans l'air et de leurs effets sur la santé. Or le **taux de mortalité** estimé en Belgique est **le plus élevé de l'Union européenne** : près de 13 000 décès prématurés par an.

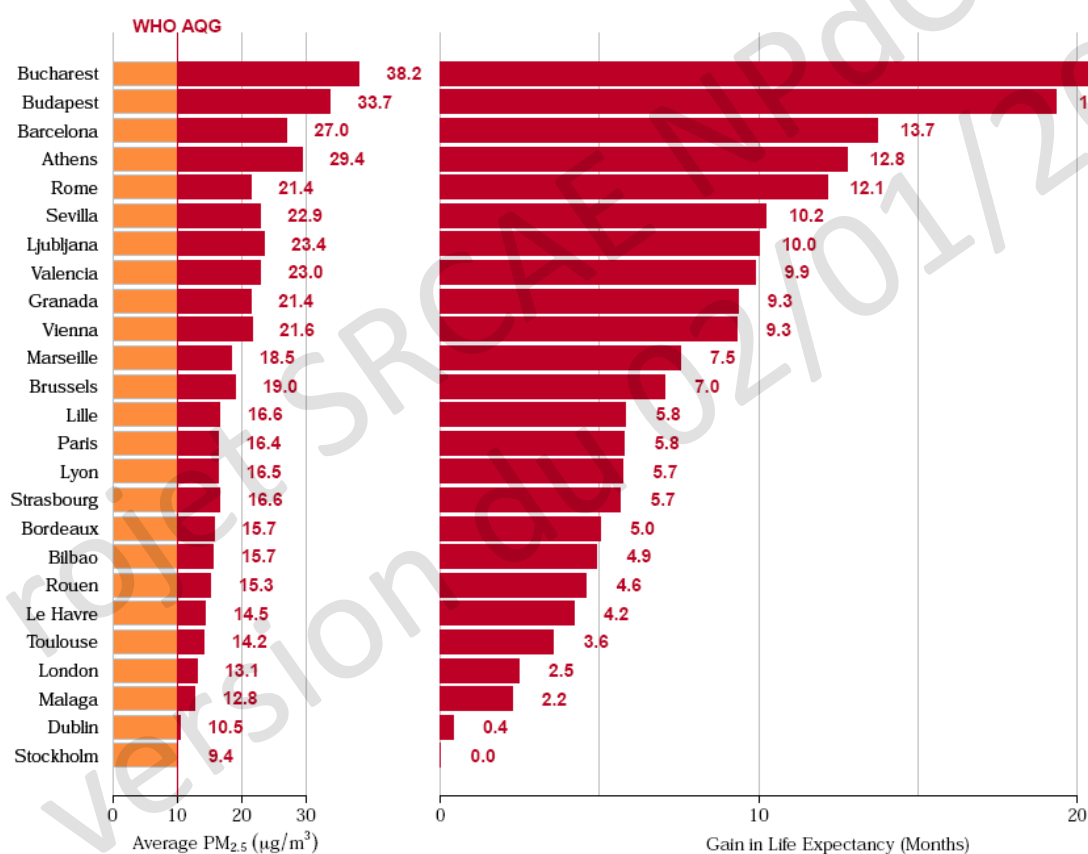
Le projet APHEKOM¹⁴, coordonné par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) et cofinancé par la Commission européenne, s'est attaché à étudier les caractéristiques et les conséquences de la pollution atmosphérique avec l'objectif d'améliorer la prise de décision aux niveaux politique et

¹⁴ Le projet Aphekom (Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe) vise à étudier les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique en Europe. Coordonné par l'Institut de veille sanitaire (InVS) et mené dans 12 pays européens par plus de 60 scientifiques, il s'est déroulé de juillet 2008 à mars 2011.

individuel à travers l'Europe. Les 9 villes intégrées au programme de surveillance air et santé (PSAS) ont été incluses dans ce projet. Les premiers résultats ont été publiés en mars 2011 et des résultats locaux plus détaillés sont attendus pour le courant de l'année 2011 (sur la ville de Lille s'agissant du Nord-Pas-de-Calais).

Sur l'ensemble des 25 villes de l'échantillon, si les niveaux moyens annuels de $PM_{2.5}$ étaient ramenés au seuil de $10 \mu g/m^3$, l'espérance de vie pour les personnes âgées de 30 ans et plus pourrait augmenter entre 3 et 7 mois pour les villes françaises et jusqu'à 22 mois pour Bucarest par exemple (voir graphique ci-dessous). Ceci équivaut à 19 000 décès annuels dans l'ensemble des villes dont 15 000 décès pour cause cardiovasculaire. Le respect de cette valeur guide se traduirait par environ 31,5 milliards d'euros d'économie par an, en diminuant les dépenses de santé, l'absentéisme et les coûts associés à la perte de bien-être, de qualité et d'espérance de vie.

Predicted average gain in life expectancy (months) for persons 30 years of age and older in 25 Aphekom cities for a decrease in average annual level of $PM_{2.5}$ to $10 \mu g/m^3$ (WHO's Air Quality Guideline)



APHEKOM, Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe (InVS)

A Lille, un gain de 6 mois d'espérance de vie a été estimé si le niveau de pollution en $PM_{2.5}$ était abaissé à $10 \mu g/m^3$ (valeur guide définie par l'Organisation Mondiale de la Santé). Lille est la seconde ville française en terme d'impact sur l'espérance de vie (derrière Marseille et au même niveau que Paris). Toulouse est la ville française pour laquelle l'impact sur l'espérance de vie est le plus faible puisqu'un gain de 2,2 mois d'espérance de vie a été estimé. Ces résultats soulignent

l'importance d'abaisser les niveaux de $PM_{2,5}$ à Lille et plus généralement en Nord-Pas-de-Calais où les seuils de particules sont régulièrement dépassés.

Le dioxyde de soufre (SO_2)

Le dioxyde de soufre (SO_2) est un gaz qui est fabriqué à partir de l'exploitation des minerais soufrés, de la combustion du soufre ou dans l'industrie pétrolière. La principale source d'exposition est donc anthropique (combustibles fossiles, raffineries, production d'électricité, etc.) mais le dioxyde de soufre est également émis lors des feux de forêts et des éruptions volcaniques. La concentration ubiquitaire est de 1 à 5 $\mu g/m^3$ dans l'air. Les tendances globales des concentrations en SO_2 en France montrent une diminution depuis 2005.

Chez l'Homme, la principale voie d'exposition au SO_2 est l'**inhalation**. Si le nez filtre la majorité du SO_2 inhalé, le SO_2 néanmoins absorbé passe dans le sang pour être distribué dans tout l'organisme. Chez des volontaires sains, une exposition contrôlée à 2,66 $\mu g/m^3$ de SO_2 pendant 40 minutes provoque une légère augmentation des symptômes respiratoires avec une irritation, une altération du sens olfactif et une augmentation de la résistance pulmonaire.

L'exercice physique exacerbe en outre ces effets. Les sujets asthmatiques constitueraient une population sensible aux expositions au SO_2 . Suite à une exposition aiguë, les individus peuvent également développer une hypersensibilité bronchique.

Dans le cas des expositions chroniques environnementales, une augmentation des symptômes respiratoires a été observée chez les individus les plus sensibles pour des niveaux d'exposition de 68-275 $\mu g/m^3$, souvent en présence de particules inhalables.

Les études chez l'Homme ne rapportent pas d'effet cancérigène (le SO_2 est classé non cancérigène par l'Union européenne). Aucune étude concernant les expositions environnementales au SO_2 et leur impact sur la reproduction et le développement n'a mis en évidence une relation de causalité.

Les oxydes d'azote (NO_x , NO_2)

Les oxydes d'azotes (NO_x) sont majoritairement constitués de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO_2). La principale source est anthropique : émissions des véhicules diesels, combustibles fossiles (industrie manufacturière, transformation d'énergie, etc.), agriculture, etc. mais les NO_x se forment aussi naturellement lors des orages ou des éruptions volcaniques.

En France, les tendances globales des concentrations de NO_2 montrent une légère augmentation entre 2008 et 2009, notamment sur les sites trafic, malgré une stagnation des niveaux urbains et périurbains.

Chez l'Homme, la principale voie d'exposition au NO et au NO_2 est l'**inhalation**. Le NO est rapidement oxydé en NO_2 qui pénètre profondément dans le tractus respiratoire, du fait de sa faible hydro solubilité.

L'intoxication aiguë au NO_2 et au NO chez l'Homme évolue de manière chronologique en une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires qui régresse rapidement dès la fin de l'exposition. Le NO_2 entraîne une réaction inflammatoire au niveau des voies aériennes, les **asthmatiques** étant la population la plus sensible.

Lors d'expositions chroniques, les enfants exposés au NO₂ présent dans l'air intérieur montrent des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leurs fréquences.

Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation des symptômes respiratoires. Les enfants exposés au NO₂ présent dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, tout comme l'air intérieur, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.

Le NO₂ n'a pas été classé cancérigène, génotoxique ou reprotoxique par l'Union européenne.

L'ozone et la pollution photochimique

L'ozone est l'un des gaz les plus paradoxaux de notre planète :

- dans la stratosphère, il nous protège des rayons ultra-violet du soleil ;
- au niveau du sol, de trop fortes concentrations d'ozone engendrent une pollution photochimique importante.

L'azote (N₂) et l'oxygène (O₂) font partie des substances les plus courantes dans l'atmosphère. Lors des journées ensoleillées, le rayonnement solaire provoque des réactions chimiques dans l'atmosphère entre différents polluants primaires aussi appelés « gaz précurseurs » : les oxydes d'azote (NO et NO₂, regroupés sous le terme NO_x) et les composés organiques volatils (COV).

Ces réactions chimiques complexes donnent naissance à des **photo-oxydants**, dont le plus connu dans nos régions est l'ozone (O₃), molécule formée de trois atomes d'oxygène.

Qu'est ce que l'ozone ?

L'ozone est un **polluant secondaire** de l'atmosphère, issu de réactions photochimiques complexes entre différentes substances (oxydes d'azote, composés organiques volatils, monoxyde de carbone) sous l'action des rayonnements solaires.

Il peut également être produit **de manière industrielle** pour la désinfection des eaux, la stérilisation du matériel médical, la conservation ou le blanchiment.

La stabilité de la masse d'air en été qui limite la dispersion des polluants accentue ce phénomène : c'est ce qu'on appelle le « **pic d'ozone** » estival.

Les concentrations ubiquitaires sont de 10 à 100 µg/m³ dans l'air au niveau du sol. Les concentrations moyennes relevées durant l'été 2009 confirment l'évolution croissante depuis 2001 en France. Sur le long terme, malgré la baisse des émissions des précurseurs de ce polluant, les niveaux de fond restent supérieurs à ceux constatés au début des années 90.

L'ozone est un puissant oxydant pouvant agir essentiellement au niveau local pulmonaire selon différents mécanismes à l'origine d'une réaction inflammatoire. Les trois symptômes, rapidement réversibles, les plus souvent rencontrés lors d'une exposition aiguë à l'ozone chez l'Homme, sont :

- une toux non productive persistant quelque temps après l'exposition et exacerbée lors d'une inspiration profonde ou lors de manoeuvres d'expiration forcée ;

- un inconfort thoracique persistant après l'exposition et renforcé lors d'une inspiration maximale ;
- et une douleur lors d'inspiration profonde qui peut être à l'origine d'une dyspnée.

Chez l'Homme, l'exposition chronique à l'ozone induit une diminution de la fonction pulmonaire et des résultats récents suggèrent qu'elle pourrait jouer un rôle dans le développement de l'asthme chez l'enfant et avoir un effet à long terme sur la mortalité. Il n'existe pas de données sur les effets cancérigènes, sur la reproduction ou le développement chez l'Homme.

Le benzène

En France, les tendances globales des concentrations de benzène montrent une **diminution** depuis 2005.

Parmi les composés organiques volatils, qui comprennent un grand nombre de substances, le benzène est un composé majeur en termes d'impact sanitaire. C'est un **cancérigène** notoire (classé cancérigène pour l'homme par l'Union européenne).

La voie d'exposition prépondérante au benzène est l'**inhalation**. Une exposition chronique induit des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, des insomnies et une diminution des performances intellectuelles. La toxicité hématologique est connue depuis longtemps. Ces effets sont réversibles après arrêt de l'exposition. À un stade plus avancé, cette toxicité hématologique peut se manifester par une dépression totale de la reproduction des cellules sanguines. Plusieurs études épidémiologiques chez des travailleurs exposés à de fortes concentrations de benzène comme solvant décrivent ces atteintes. La toxicité hématologique est considérée comme un syndrome préleucémique.

Chez l'Homme, le benzène est foetotoxique comme tous les hydrocarbures aromatiques.

Les micropolluants : les éléments traces métalliques (ETM) et les métaux lourds

Mieux connus sous la dénomination de « métaux lourds », cette catégorie de polluants regroupe :

- des métaux lourds, c'est-à-dire les éléments métalliques d'une masse volumique supérieure à 4,5 g/cm³ ;
- d'autres métaux, comme le zinc ou des métalloïdes (l'arsenic par exemple) présentant un caractère toxique pour l'environnement ou la santé humaine.

Ils existent naturellement mais en quantités très faibles dans les sols, l'eau et l'air. Certaines activités humaines (combustion du charbon, du pétrole, des déchets et certains procédés industriels) en diffusent en grande quantité dans l'environnement.

Ils sont souvent liés aux particules fines PM_{2,5}, à l'exception du mercure, qui est principalement gazeux. Une partie des métaux lourds dans l'atmosphère retombe aux alentours de leur source d'émissions, d'autres peuvent être transportés sur de longues distances par les courants aériens.

Les ETM peuvent perturber les équilibres biologiques :

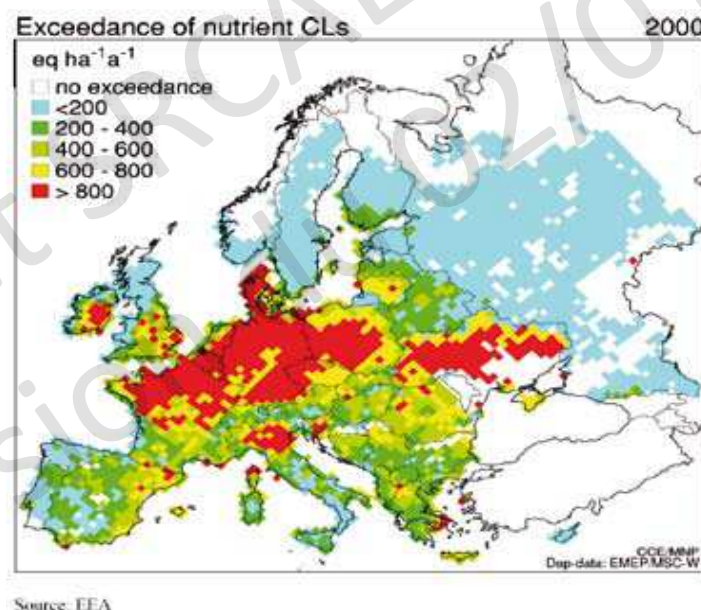
- les oiseaux et les mammifères risquent d'être confrontés à des problèmes de fertilité suite à une exposition importante aux métaux lourds présents dans leurs proies, particulièrement dans les habitats acidifiés ;
- les écosystèmes végétaux, surtout forestiers, sont stressés par l'accumulation de métaux lourds.

L'impact toxicologique des micropolluants dépend :

- de leur forme chimique (pour les métaux toxiques),
- de leur concentration,
- du contexte environnemental,
- de la possibilité de passage dans la chaîne du vivant. Pour de nombreux métaux, l'inhalation et l'ingestion avec des aliments sont deux voies d'entrée dans le corps humain. Certains polluants peuvent en effet s'accumuler dans la chaîne alimentaire. A proximité de certaines industries, des dépôts métalliques polluent le sol et peuvent donc être absorbés par les végétaux qui seront ensuite mangés par l'Homme ou les animaux élevés.

Certains métaux sont indispensables à la vie (cuivre, zinc), mais deviennent toxiques à fortes doses. D'autres le sont déjà à des concentrations infimes. Ils peuvent endommager le système nerveux, sanguin, le foie et les reins. Certains sont cancérigènes.

Azote, Phosphore et eutrophisation des milieux naturels



L'excédent de nutriments dans les sols en Europe (EEA)

L'eutrophisation est causée par l'apport d'éléments nutritifs en quantités importantes dans les écosystèmes aquatiques. Apportés via les retombées atmosphériques et les cours d'eaux, ces éléments nutritifs (surtout à base d'azote et de phosphore) entraînent la prolifération excessive de certains végétaux, qui entraîne à son tour la disparition des autres espèces vivantes présentes dans le milieu. L'installation de stations d'épuration d'eaux usées a fortement contribué à réduire l'ampleur de ce phénomène dans les régions concernées.

On considère cependant qu'environ 70% des écosystèmes européens sont aujourd'hui soumis à un niveau d'eutrophisation excessif, qui devrait persister dans les années à venir.

Les retombées atmosphériques azotées contribuent de manière importante à l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques et constituent aujourd'hui une préoccupation importante pour l'ensemble des écosystèmes terrestres de la planète, surtout ceux des régions tempérées.

Ces retombées sont constituées environ pour moitié d'azote nitrique (NO_x, produit essentiellement par les combustions et par la fabrication d'engrais azotés) et pour moitié d'ammoniac (NH₃, produit essentiellement par les effluents d'élevages).

Les quantités totales et les proportions sont variables selon les régions. L'introduction de quantités importantes d'azote dans les écosystèmes modifie l'équilibre des sols et leur composition en éléments nutritifs. Les écosystèmes adaptés aux milieux « pauvres » (par exemple fagnes, tourbières, etc.) évoluent et se modifient : les espèces ayant besoin de plus d'azote y apparaissent, tandis que les espèces nécessitant un substrat moins riche en azote disparaissent. **Au niveau européen, on estime que la pollution azotée compromet ainsi (à des degrés divers) la biodiversité de 45% à 80% des écosystèmes terrestres.**

Les principaux résultats des études sanitaires locales

Le Programme de Surveillance Air et Santé (PSAS)¹⁵

Au niveau national, les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité sont étudiés dans le cadre du Programme de Surveillance Air et Santé (PSAS) piloté par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS). En 1997, le programme a été implanté dans 9 grandes villes françaises (Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Paris, Rouen, Strasbourg et Toulouse). Les principaux résultats des études réalisées dans le cadre de ce programme sont les suivants :

- le nombre journalier de décès est significativement associé aux niveaux de polluants gazeux du jour et de la veille ;
- des liens significatifs ont été observés avec les PM₁₀, mais également avec les deux fractions granulométriques (PM_{2,5} et PM₁₀) les constituant ;
- l'excès de risque de décès est plus marqué chez les personnes de plus de 65 ans et pour la mortalité cardiovasculaire et cardiaque.

Le lien entre pollution et hospitalisations a également été étudié : les résultats établissent un lien significatif entre, d'une part, les niveaux de particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et de dioxyde d'azote et, d'autre part, le nombre journalier d'hospitalisations pour causes cardio-vasculaires, en particulier chez les personnes de 65 ans et plus. Ce lien est encore plus élevé pour les hospitalisations pour cardiopathies ischémiques. Chez les personnes âgées de 65 ans et plus, les niveaux d'ozone sont également significativement associés à une augmentation du risque d'admission à l'hôpital pour causes respiratoires.

¹⁵ <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/>

Les relations exposition / risque déterminées à l'aide de ces études sont ensuite utilisées pour des études d'impact sanitaire (EIS) qui fournissent des résultats chiffrés à l'échelle des agglomérations et sont utiles dans un cadre d'aide à la décision.

Les résultats de ce programme permettent d'estimer la mortalité potentiellement évitable associée à une réduction des niveaux moyens de pollution (tableau ci-dessous).

<i>Ville</i>	<i>Nombre annuel moyen de décès évitable pour 100 000 habitants par une réduction de 5 µg/m³ des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} (adultes de 30 ans et plus)</i>
Bordeaux	22,3
Le Havre	26,2
Lille	23,6
Lyon	21,3
Marseille	25,4
Paris	18,5
Rouen	25,6
Strasbourg	22,8
Toulouse	19,0
Total des neuf villes	20,5

Mortalité potentiellement évitable par une réduction de 5 µg/m³ des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} sur les adultes de 30 ans et plus (L'état de santé de la population en France – Suivi des objectifs annexés à la loi de santé publique – rapport 2009 – 2010)

Les études d'impact sanitaire (EIS) de la pollution atmosphérique¹⁶

Une EIS de la pollution atmosphérique est un outil décisionnel fournissant des informations actualisées, simples et facilement accessibles sur l'impact sanitaire des concentrations de polluants atmosphériques en termes de nombre de décès et d'hospitalisations attribuables à la pollution. Ces EIS s'adressent aux décideurs, professionnels de la santé et de l'environnement, mais aussi aux médias et au grand public. L'EIS est aussi un **outil de sensibilisation et d'aide à la décision des acteurs** locaux. Elle permet notamment :

- d'illustrer l'importance des effets de la pollution atmosphérique sur la santé, même lorsque les normes réglementaires sont respectées ;
- de relativiser le rôle des « pics » de pollution par rapport à la pollution atmosphérique de fond, en illustrant l'absence de seuil des risques sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine à l'échelle de la population ;
- d'illustrer l'intérêt de réduire les niveaux de pollution dans leur ensemble plutôt que celui d'un polluant particulier.

La 15^{ème} orientation du PRQA du Nord-Pas-de-Calais demandait la « *réalisation d'études pour l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans les principales agglomérations de la région Nord-Pas-de-Calais couvertes par un réseau de surveillance* ». Trois études (Valenciennes, Douai, Lens) ont été réalisées. L'actualisation de ces études est prévue courant 2011.

¹⁶ <http://www.invs.sante.fr/surveillance/psas9/default.htm>

Les principaux résultats sont les suivants :

Secteur d'étude	Valenciennes	Douai	Lens
Période d'étude	1999	2000	2000
Mortalité toutes causes	39	15	37
Mortalité respiratoire	6	3	6
Mortalité cardio-vasculaire	15	6	13

Mortalité anticipée attribuable à la pollution atmosphérique (EIS NPdC)

Secteur d'étude		Valenciennes	Douai	Lens
Période d'étude		1999	2000	2000
Mortalité toutes causes	Scénario 1	3	1	4
Mortalité toutes causes	Scénario 2	15	7	14
Mortalité respiratoire	Scénario 1	0	0	1
Mortalité respiratoire	Scénario 2	2	1	2
Mortalité cardio-vasculaire	Scénario 1	1	0	1
Mortalité cardio-vasculaire	Scénario 2	6	3	5

Mortalité évitable

Scénario 1 : respect

Indicateur O3 : 110 µg/m3 sur 8 heures

Indicateur NO2 : 40 µg/m3 en moyenne annuelle

Indicateur PM10 : 30 µg/m3 en moyenne annuelle

Scénario 2 : diminution de 25 % en moyenne annuelle pour chaque polluant
(EIS NPdC)

Secteur d'étude	Valenciennes	Douai	Lens
Période d'étude	1999 - 2001	2000 - 2002	2000 - 2002
Hospitalisation respiratoire (65 ans et +)	34	22	34
Hospitalisation cardio-vasculaire	102	49	145
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	39	20	44
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	40	19	40

Morbidité (nombre d'hospitalisation) attribuable à la pollution atmosphérique (EIS NPdC)

Secteur d'étude		Valenciennes	Douai	Lens
Période d'étude		1999 - 2001	2000 - 2002	2000 - 2002
Hospitalisation respiratoire (65 ans et +)	Scénario 1	2	2	4
Hospitalisation respiratoire (65 ans et +)	Scénario 2	17	11	6
Hospitalisation cardio-vasculaire	Scénario 1	12	5	22
Hospitalisation cardio-vasculaire	Scénario 2	37	19	51
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	Scénario 1	5	3	6
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	Scénario 2	17	9	22
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	Scénario 1	5	3	5
Hospitalisation cardiaque (tous âges)	Scénario 2	17	9	20

Figure 9 – Morbidité (nombre d'hospitalisation) évitable

Scénario 1 : respect*Indicateur O3 : 110 µg/m³ sur 8 heures**Indicateur NO2 : 40 µg/m³ en moyenne annuelle**Indicateur PM10 : 30 µg/m³ en moyenne annuelle***Scénario 2 : diminution de 25 % en moyenne annuelle pour chaque polluant
(EIS NPdC)*****Les effets probables du changement climatique sur la qualité de l'air¹⁷***

La plupart des situations responsables des hausses de concentrations des espèces chimiques sont liées à une dynamique atmosphérique qui disperse peu les polluants ce qui favorise leur accumulation au-dessus de la surface terrestre. C'est notamment le cas lorsqu'un anticyclone recouvre l'Europe de l'Ouest. Ce cas de figure est la cause principale des épisodes de pollution hivernaux (notamment de particules et de dioxyde d'azote).

A cela peut s'ajouter une situation également propice à une forte activité physico-chimique, caractérisée par des températures élevées, qui conduit à la formation massive de polluants secondaires, tels que l'ozone pour les gaz ou une forte présence de composés organiques secondaires (AOS) dans les aérosols. La conjonction de ces deux conditions induit inmanquablement de forts épisodes de pollution photochimique. Les changements climatiques énoncés promeuvent l'idée d'impacts conséquents sur la qualité de l'air.

En effet, **les principaux paramètres météorologiques qui influent sur la dispersion des polluants vont connaître dans le futur d'importantes variations.** Ainsi, la vitesse du vent, la convection, la fréquence et l'intensité des situations anticycloniques évolueront par rapport à ce qu'elles sont actuellement, ce qui influencera la fréquence et la durée d'événements de pollution atmosphérique.

¹⁷ Source INERIS, InVS – Impacts sanitaires du changement climatique en France. Quels enjeux pour l'InVS ? – décembre 2010

Les conséquences probables sur la qualité de l'air de l'évolution du cycle de l'eau

Aux latitudes de la France, les évolutions du cycle de l'eau se répercuteront sur l'activité physico-chimique de l'atmosphère, notamment en période estivale où les dépôts humides seront plus faibles. En effet, la diminution des événements pluvieux signifie que l'atmosphère sera lessivée moins régulièrement, favorisant ainsi l'accumulation des polluants dans la couche limite atmosphérique. En outre, la baisse de la couverture nuageuse permettra une activité photochimique plus intense car le filtrage des rayons solaires atteignant le sol sera plus faible qu'actuellement.

Moins de précipitations signifie également une diminution de l'irrigation des sols donc un assèchement de ceux-ci, ce qui est propice à la remise en suspension naturelle de poussières telluriques.

L'eau sous forme gazeuse, en quantité plus importante dans l'air, interviendra également dans le cycle de formation de l'ozone, vraisemblablement en réduisant sa production.

Enfin, le dernier effet probable attribuable aux changements à venir dans le cycle de l'eau est l'augmentation de la convection profonde liée à celle de la vapeur d'eau. Ceci provoquerait une augmentation de la chaleur latente qui pourrait occasionner une hausse de l'activité orageuse notamment responsable d'émissions de NO₂ en moyenne troposphère.

Les conséquences sur la qualité de l'air des modifications de la circulation à grande échelle des masses d'air

Les simulations numériques annoncent aussi des perturbations du comportement des dépressions qui constituent le principal facteur de lessivage de l'atmosphère et de transport des polluants à travers l'Europe, principalement de l'Ouest vers l'Est. Leur parcours devrait à l'avenir être déporté plus au Nord qu'actuellement, ce qui provoquerait des changements sur la ventilation de l'air en France.

Ces simulations prévoient par ailleurs un accroissement des périodes anticycloniques sur l'Europe de l'Ouest, avec des situations de blocage météorologique, tel que celui responsable de la canicule de 2003.

Le réchauffement devrait aussi intervenir sur la couche de mélange terrestre dont l'épaisseur devrait être plus importante mais il n'y a pas encore de tendance claire énoncée par l'IPCC (International Centre for Theoretical Physics, Unesco/AIEA) à ce sujet.

Les conséquences sur la qualité de l'air de la hausse des températures

L'ensemble des modèles globaux s'accorde sur la hausse des températures, tout en présentant une plage de valeurs assez variable selon le type de scénario et le modèle considéré. De telles hausses de température affecteront inévitablement l'activité chimique et notamment celle de l'ozone via plusieurs paramètres :

- d'une part, les taux de réaction chimique, qui dépendent très fortement de la température, deviendront plus importants, conduisant à une intensification de l'activité chimique ;

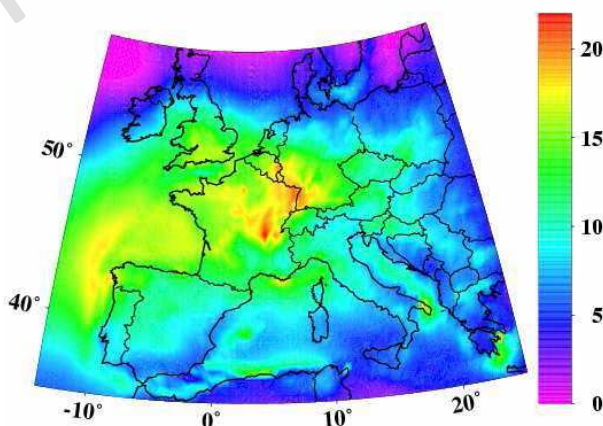
- d'autre part, les émissions d'espèces biotiques, dont le rôle est important dans la production d'ozone en zone rurale (et d'aérosols organiques secondaires), augmenteront de manière conséquente, favorisant la formation d'espèces chimiques secondaires. Ce dernier point, admis depuis plusieurs années, est actuellement remis en question par une étude américaine établissant un lien d'inhibition des émissions biotiques par le CO₂. Cette étude tend à montrer que la croissance des teneurs en CO₂ dans l'air aurait tendance à contrebalancer l'impact de la hausse de la température sur les émissions de COV naturelles. L'équilibre entre les deux processus fait encore l'objet de travaux de recherche.

Les premières études menées par l'INERIS sur ce sujet ont été réalisées en collaboration avec l'ICTP en charge d'études sur le changement climatique. Le travail entrepris a consisté à coupler le modèle CHIMERE de prévision de la qualité de l'air utilisé dans la plateforme Prev'Air avec des prédictions climatiques pour la fin du XXI^{ème} siècle et de les analyser au regard des conditions présentes. Cette étude a été menée en utilisant deux fortes hypothèses : la stabilité des émissions de polluants atmosphériques (PA) d'une part et celle des flux de polluants atmosphériques entrant en Europe d'autre part.

L'objectif de telles contraintes était d'isoler l'impact du réchauffement climatique sur la qualité de l'air sans prendre en compte l'effet de possibles scénarios de réductions d'émission des PA ou encore une évolution de l'activité mondiale qui aurait changé les composantes d'import de PA en Europe drastiquement.

Sous ces conditions, et comme l'illustre la carte ci-dessous, l'évolution climatique conduit à une augmentation importante des niveaux d'ozone lors des périodes estivales, menant à une croissance moyenne des pics journaliers en Europe de l'Ouest par rapport au niveau actuel de l'ordre de 25 à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selon le scénario climatique pris en compte.

A l'échelle de l'Europe, la France apparaît fortement touchée par l'accroissement des concentrations, ce qui se traduit également par des dépassements des seuils d'information (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et d'alerte (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) beaucoup plus fréquents qu'actuellement. Outre cet aspect sur la fréquence, la persistance des épisodes d'ozone est aussi accrue. En conséquence, les résultats obtenus attestent que les fortes concentrations d'ozone relevées durant l'été 2003 pourraient devenir « normales » à la fin de ce siècle.



Différence (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre les moyennes passées (1960-1990) des pics d'ozone journaliers estivaux et les moyennes futures (2070-2100) (INERIS-2008)

Concernant les particules, les changements à prévoir sont à considérer saison par saison car les processus incriminés varient en cours d'année. Dans les mêmes conditions que précédemment, les prédictions numériques affichent une décroissance des moyennes journalières de PM_{10} en hiver de quelques microgrammes par mètre cube, certainement sous l'effet de températures futures plus douces défavorisant le développement des aérosols (par exemple en augmentant l'évaporation du nitrate d'ammonium). La dynamique atmosphérique et notamment l'épaississement de la couche limite terrestre jouerait également un rôle en favorisant la dispersion des polluants évitant ainsi leur accumulation à proximité de la surface.

A contrario l'été, les changements climatiques prévus engendreraient une augmentation des teneurs en PM_{10} de plusieurs $\mu g/m^3$ pouvant aller jusqu'à 5-6 $\mu g/m^3$ en France. En période estivale, la hausse des températures a un impact opposé à celui observé en hiver en intervenant fortement sur la formation des aérosols organiques secondaires notamment ceux ayant l'isoprène comme précurseur. Elle affecte également la faculté d'érosion des sols, surtout associée à la baisse des événements pluvieux, en augmentant le potentiel d'émission des poussières telluriques lié à l'assèchement des sols.

D'autres effets moins bien établis peuvent être cités : impact des incendies de forêt plus fréquents, demande en électricité plus importante et recours accru aux centrales thermiques.

Au final, l'ensemble de ces effets suggère une tendance à la hausse des concentrations en particules fines.

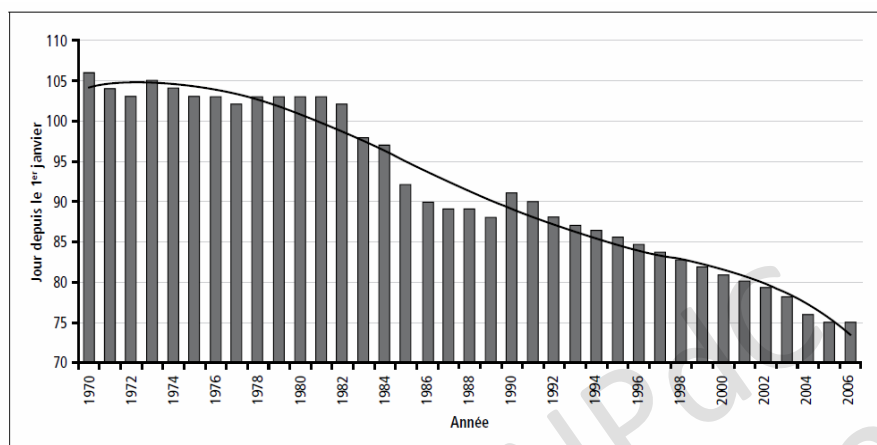
Le cas particulier des allergènes respiratoires

Les pathologies principales associées aux allergènes respiratoires sont l'asthme et les rhino-conjonctivites allergiques. Les allergies au pollen touchent 10 à 20 % de la population en Europe. En France, la prévalence est de 18,5 % chez les adultes et de 11 à 27 % chez les adolescents de 13-14 ans. Elle a triplé en 25 ans dans la population française. Le risque allergique dépend des conditions météorologiques qui impactent la vernalisation (besoins en froid hivernal) pour les plantes pérennes et les besoins en chaleur qui conditionnent le développement des plantes annuelles ainsi que la floraison.

Certains auteurs font l'hypothèse d'un rôle du changement climatique dans l'augmentation de l'incidence de l'asthme observée depuis les années 50. Il convient toutefois de rappeler que les allergènes respiratoires ne sont pas les seuls facteurs de risque de survenue d'un asthme ou de l'aggravation d'un asthme existant.

Malgré ces nuances, **les conditions météorologiques favorisent la production et la dispersion du pollen et le climat influe sur les essences existantes dans une zone géographique donnée.** Le changement climatique devrait induire des modifications des zones de végétation (remontée de certaines espèces méditerranéennes vers le nord par exemple), un allongement des périodes de pollinisation, déjà observé pour certaines espèces, voire une augmentation des quantités de pollen produites. La fin de la période de pollinisation est également souvent retardée. Ceci entraîne donc d'ores et déjà **un allongement de la période d'exposition aux pollens allergisants** pour les malades, allongement qui pourrait s'amplifier dans les années à venir.

De plus, même si peu d'études restent pour l'instant réalisées, **l'élévation des températures devrait rendre le pollen plus allergisant**. Ceci a été montré pour le bouleau ou pour l'ambrosie *Ambrosia artemisiifolia*. L'augmentation du CO₂, qui accompagne le réchauffement climatique, est en effet susceptible d'accroître les quantités de pollen produites et leur allergénicité. Des modélisations sur le pollen d'ambrosie ont montré que la production de ce pollen devrait augmenter de 32 à 55 % entre 2070 et 2100, à cause de l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère.



Evolution des dates de floraison du bouleau (Betula) à Londres entre 1970 et 2006

L'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) est actuellement présente dans de nombreuses régions françaises et est capable de se développer au sein d'une gamme étendue de températures (l'optimum se trouvant autour de 30°C). Avec le changement climatique, l'ambrosie profiterait d'un décalage des premières gelées en fin de saison pour produire plus de semences ou pour terminer son cycle de développement dans de nouvelles zones géographiques situées plus au nord. Ces modifications géographiques ne sont pas exclusivement dues au changement climatique et s'inscrivent également dans une évolution globale de l'occupation des sols (augmentation des friches, multiplication des chantiers de lotissements de banlieues, développement dans certaines cultures et dans les jachères, etc.).

L'effet délétère des pollens sur la santé respiratoire (risque de sensibilisation et exacerbation de symptômes chez les sujets sensibilisés) **est potentialisé par la pollution atmosphérique** (particules, ozone), elle-même en interaction avec le climat. La pollution peut en effet agir sur l'allergénicité du pollen en majorant le nombre d'allergènes à l'intérieur des grains et en facilitant leur sortie. Les oxydes d'azote, l'ozone et les particules diesel sont alors les polluants les plus souvent incriminés, le rôle du dioxyde de soufre et du monoxyde de carbone paraissant plus aléatoire. Les polluants, qui sont également des irritants respiratoires, jouent par ailleurs un rôle de facteurs adjuvants dans la réaction allergique, la pollution photo-oxydante étant cette fois mise en avant par rapport à la pollution acido-particulaire.

Ainsi, associés au pollen, l'ozone et le dioxyde d'azote peuvent accentuer la réponse bronchique, ainsi que les manifestations de rhinite ou de conjonctivite des allergiques et abaisser leur seuil de réponse aux allergènes auxquels ils sont sensibilisés. Les particules diesel augmentent quant à elle la sensibilisation allergique des sujets prédisposés.

Un historique de l'allergie au pollen montre sa progression au cours de l'ère industrielle et permet d'établir des liens entre cette augmentation et celle de la pollution. Ainsi, en France, la prévalence de l'allergie au pollen a triplé en 25 ans. Au Japon, l'allergie au pollen de *Cryptomeria japonica* est passée de presque rien à environ 10% dans les années soixante, chez les sujets vivant en ville ou le long des autoroutes et des voies rapides. Ces exemples illustrent bien les interactions à prévoir entre changement climatique et les autres facteurs dans l'aggravation potentielle d'une situation à risque sanitaire.

Le développement d'espaces verts dans la ville est un élément important de l'amélioration de la qualité de la vie et de réduction des îlots de chaleur urbain. Il est cependant important de prendre en compte les potentiels allergiques dans le choix des espèces retenues (éviter par exemple de planter des bouleaux, premier pollen d'arbre responsable d'allergie dans la moitié nord de la France, ou des cyprès dans le Sud).

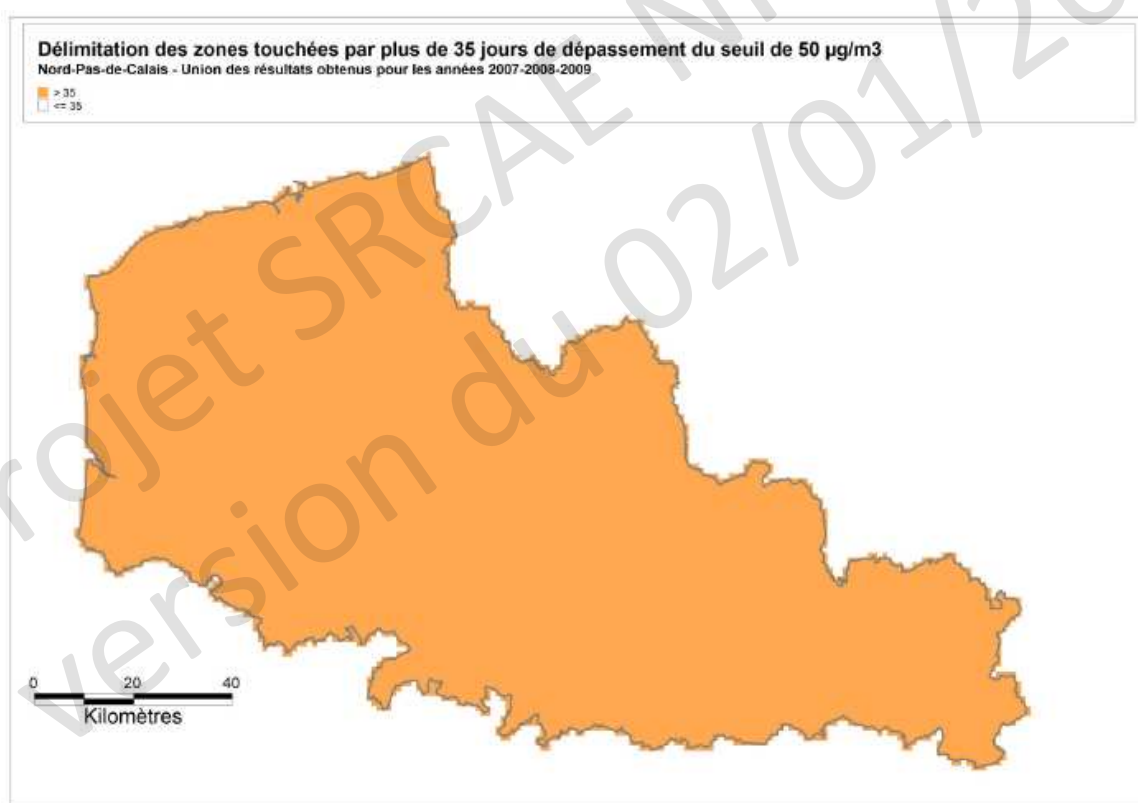
Projet SRCAE NPdC
version du 02/01/2012

Identification des zones sensibles à la qualité de l'air (PM₁₀ et oxydes d'azote) en Nord-Pas-de-Calais

La mise en œuvre d'une méthodologie spécifique destinée à détecter les zones sensibles à la qualité de l'air doit permettre de comprendre les causes des dépassements observés et de définir les zones dans lesquelles agir en priorité.

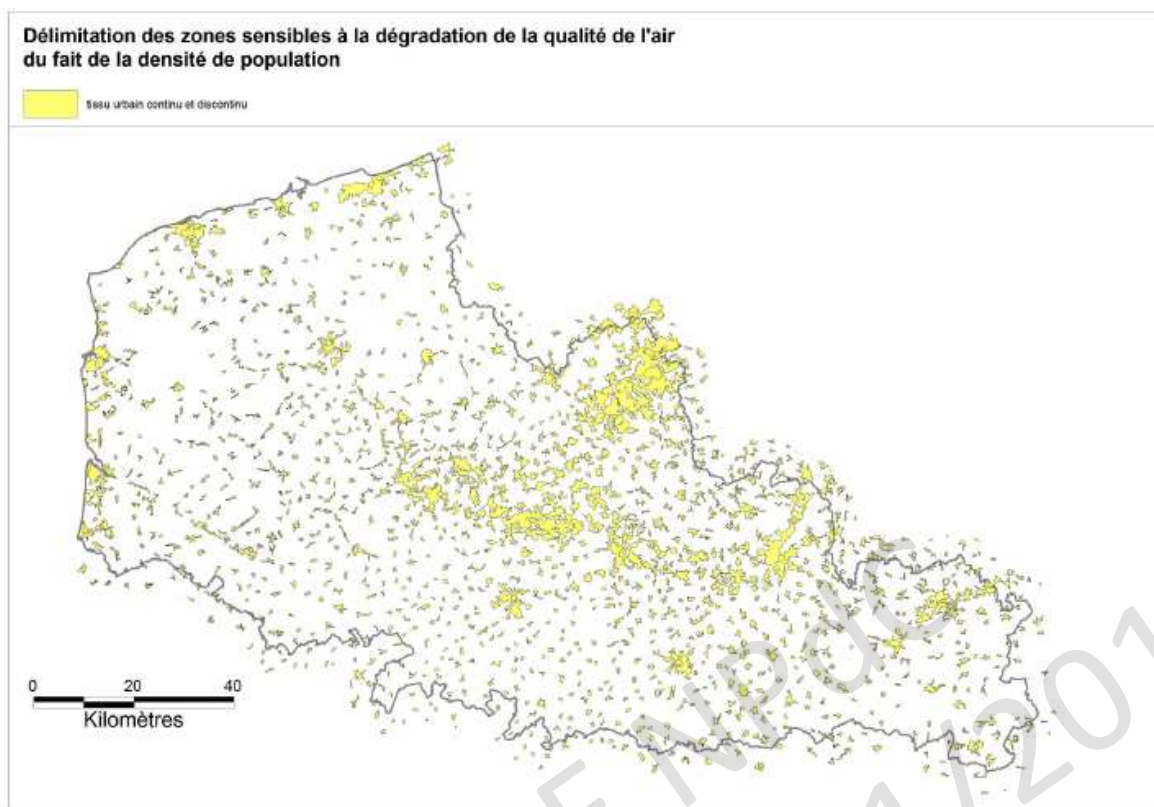
L'identification de ces zones résulte du croisement de l'analyse des dépassements constatés ou probables des seuils réglementaires avec la sensibilité des zones où ont lieu ces dépassements (population et cadre bâti, milieux naturels).

1. **La méthodologie d'identification des « zones sensibles »** fonde son analyse portant sur les PM₁₀ sur la moyenne du nombre de dépassements sur la période 2007-2009, ce qui fait que toute la région est potentiellement concernée au vu de la carte réalisée par le LCSQA pour Atmo Nord-Pas-de-Calais.

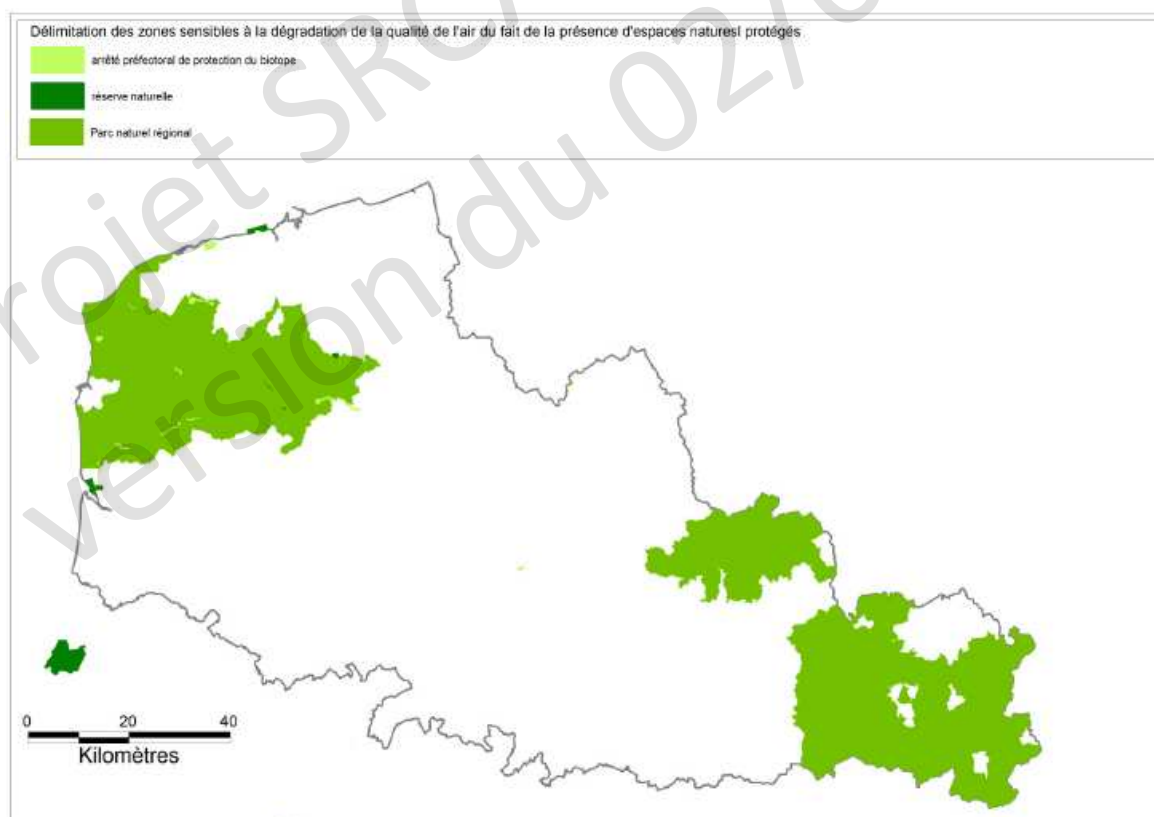


Délimitation des zones touchées par plus de 35 jours de dépassement du seuil de 50 µg/m³ (LCSQA pour Atmo Nord-Pas-de-Calais)

2. Ces données ont ensuite été croisées avec les zonages relatifs aux critères de sensibilité « population et patrimoine bâti » d'une part et « milieux naturels » d'autre part.

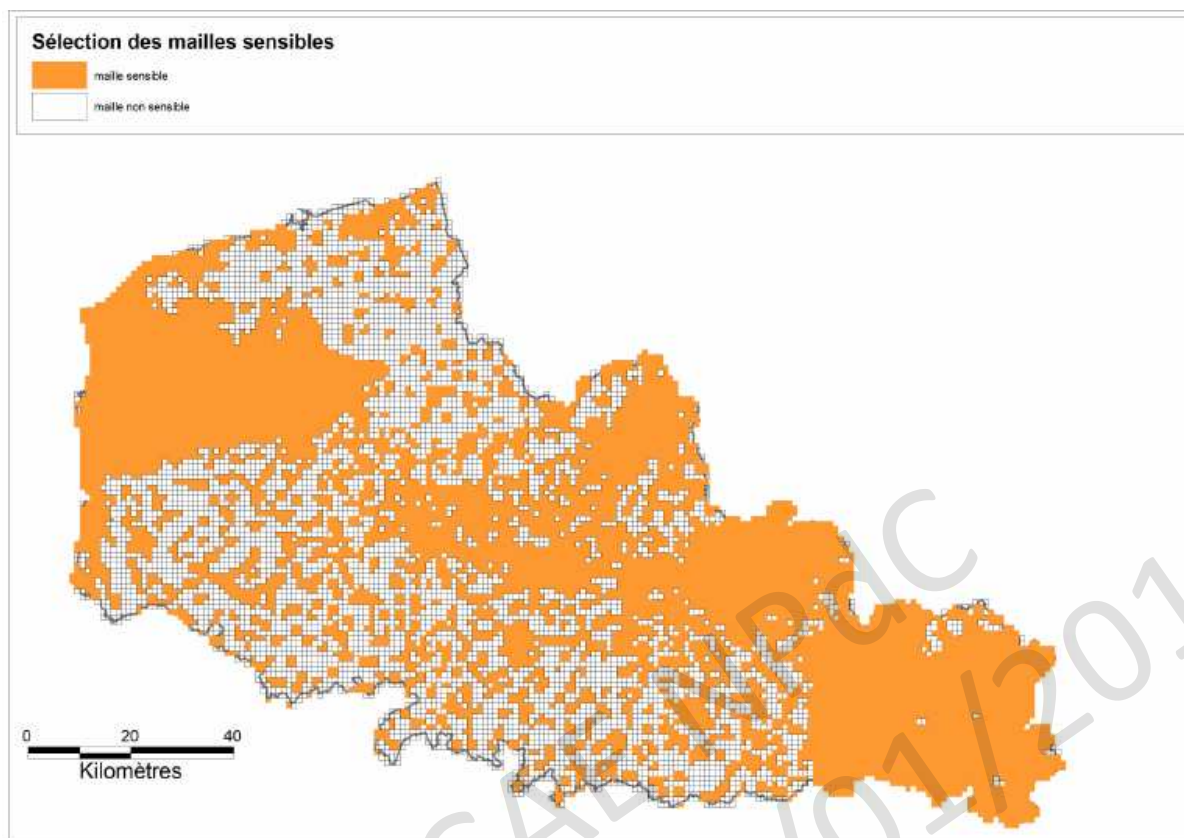


Délimitation des zones sensibles à la dégradation de la qualité de l'air du fait de la densité de la population (LCSQA pour Atmo Nord-Pas-de-Calais)

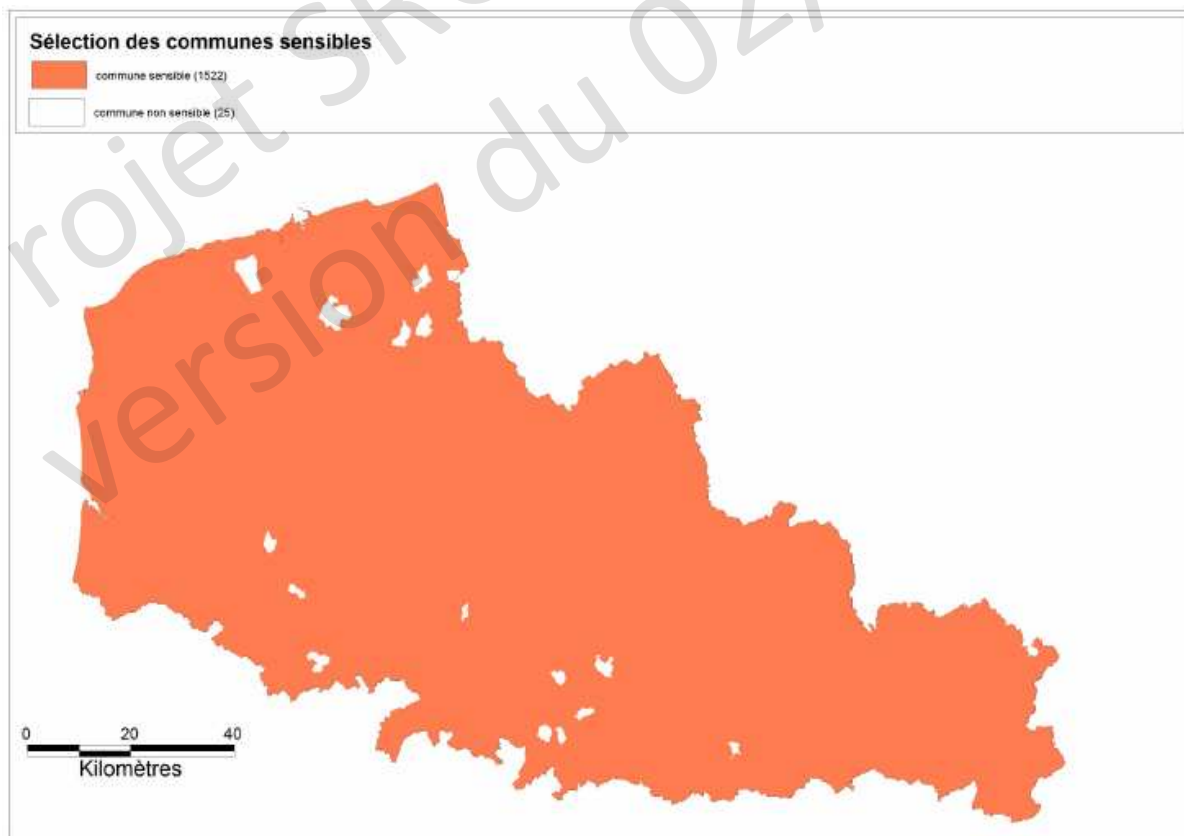


Délimitation des zones sensibles à la dégradation de la qualité de l'air du fait de la présence d'espaces naturels protégés (LCSQA pour atmo Nord-Pas-de-Calais)

Les cartes des zones sensibles obtenue à partir du paramètre PM_{10} sont donc les suivantes :



Sélection des mailles sensibles (LCSQA pour Atmo Nord-Pas-de-Calais)



Sélection des communes sensibles (LCSQA pour Atmo Nord-Pas-de-Calais)

Le zonage établi sur la base de la méthodologie définie au niveau national intègre la quasi-totalité de la région Nord-Pas-de-Calais, avec 1522 communes sensibles sur 1547 communes constituant la région.

Cette carte de zones sensibles illustre la vulnérabilité de la région aux poussières en suspension. De fait, l'échelle régionale pour la mise en place d'actions de réduction des émissions de poussières en suspension (préconisations du plan Particules notamment) s'avère incontournable.

En revanche, cette carte ne permet pas de dégager d'informations particulières ni sur l'importance quantitative des dépassements des seuils réglementaires, ni sur l'origine de ces particules qui peut varier selon les parties de la région étudiées. Cette prise en compte pourra être faite grâce à l'examen des émissions spatialisées par l'outil OAPS et grâce à l'examen détaillé des dépassements station par station.

Les principales causes structurelles des taux élevés de PM₁₀ identifiées pour la région Nord-Pas-de-Calais sont :

- sa densité démographique ;
- la densité de son réseau routier ;
- la composition de son parc routier, essentiellement constitué de véhicules diesel ;
- son industrie lourde, avec l'importance du rôle et du poids d'Arcelor Mittal ;
- sa situation géographique : la région reçoit également des poussières fines venant d'autres pays. Cela s'explique notamment par la direction des vents dominants, mais aussi par le trafic maritime intense dans la Manche et la Mer du Nord.
-

Une stratégie spécifique doit donc être élaborée d'urgence pour réduire les concentrations atmosphériques en particules PM₁₀. Le Plan Particules publié au niveau national comporte des mesures régionales génériques qui devront être intégrées à cette stratégie et ce sur toute la région.

Les zones d'action prioritaire pour la qualité de l'air (ZAPA)

Les ZAPA constituent un outil permettant de réduire les émissions de particules et d'oxydes d'azote dans les agglomérations les plus polluées¹⁸.

Les ZAPA ont été définies dans le cadre de la loi Grenelle 2 et font partie intégrante du plan particules.

¹⁸ (Source: Ademe et vous-avril 2011--> <http://www.ademe-et-vous.ademe.fr/le-magazine-n44-dossier-actions-huit-zones-d-actions-prioritaires>)

Ce dispositif vise à renforcer la lutte contre la pollution atmosphérique et sa mesure socle consiste à donner aux collectivités la possibilité de restreindre, voire d'interdire l'accès aux véhicules les plus polluants sur un périmètre donné. Le secteur des transports n'est pas le seul concerné par ce dispositif. Les secteurs domestiques, agricoles peuvent être inclus dans le dispositif. Les collectivités souhaitant mettre en oeuvre une ZAPA ont jusqu'au mois de juillet 2012 pour déposer aux représentants de l'Etat un dossier de demande d'expérimentation.

Le dimensionnement de la future ZAPA est une étape essentielle pour les collectivités qui comprendra les impacts sur la qualité de l'air, les émissions de GES pour différents scénarios envisagés ainsi que le contexte juridique et socio-économique de l'application d'une ZAPA à une zone. L'objectif est de retenir le dispositif le plus pertinent en termes de bénéfices sur la qualité de l'air et du rapport coût-efficacité. L'acceptabilité de la mesure et sa comptabilité avec les autres plans d'actions comme les PPA sont également à prendre en compte.

Projet SRCAE NPdC
version du 02/01/2012