



HAL
open science

Suivi d'un front pionnier industrialo-urbain par imagerie spatiale, plaine de l'Ob (Russie)

Yvette Vaguet, Jonathan Hani

► To cite this version:

Yvette Vaguet, Jonathan Hani. Suivi d'un front pionnier industrialo-urbain par imagerie spatiale, plaine de l'Ob (Russie). *Espace Géographique*, 2021, 50 (3-4), pp.175-189. 10.3917/eg.503.0175 . halshs-01821745

HAL Id: halshs-01821745

<https://shs.hal.science/halshs-01821745>

Submitted on 13 Feb 2024

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

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

Suivi d'un front pionnier industrialo-urbain par imagerie spatiale (plaine de l'Ob)

Monitoring of an industrial-urban frontier using spatial imagery

VAGUET Yvette, HANI Jonathan

Université de Rouen Normandie - CNRS UMR 6266 IDEES

7 rue Thomas Becket - 76 821 Mont Saint-Aignan Cedex

Contact : yvette.vaguet@univ-rouen.fr

Résumé

Durant l'ère soviétique, la zone polaire de la plaine de l'Ob fût le théâtre d'un vaste front pionnier reposant sur le développement conjoint de l'industrie extractive et de l'urbanisation. Aujourd'hui, ce type de co-développement n'est plus de mise dans le pays engagé dans une économie de marché. Cet article contribue à renseigner l'évolution de l'inscription spatiale des deux fonctions, industrie et habitat, sur la période post-soviétique. La méthode choisie s'appuie sur l'imagerie spatiale nocturne (DMSP-OLS), avec une approche multi-niveaux. Les résultats montrent un découplage des deux fonctions, un renforcement des pôles urbains existants et une plus forte exposition des populations aux risques industriels dans les zones historiques du front pionnier.

Abstract

During the Soviet era, the polar zone of the Ob plain was the scene of a vast industrial and urban frontier. However, this co-development is no longer appropriate in a market economy. This article questions the space-consumption of these two functions, hydrocarbon extraction and residential, in the post-Soviet period. The method is based on DMSP-OLS night-time spatial imaging with a multi-level approach. The research shows a decoupling of the two functions for space consumption, a strengthening of existing urban as well as of the exposure of populations to industrial risks in the historic areas of the frontier.

Mots-clés : Arctique, Occupation du sol, plaine de l'Ob, Russie, télédétection

Keywords: Arctic, Land Use, Ob River plain, remote sensing, Russia

Introduction

En Arctique, l'URSS a conduit une vaste politique volontariste de développement (Laruelle, 2019; Zadlkind, 2013), en cela elle a suivi le chemin esquissé par l'empire russe. Ainsi, la création de Mourmansk, encore aujourd'hui la plus grande ville boréale du monde, s'est dessinée dès la fin du XIXe siècle. Cependant, à l'époque soviétique, les projets ont pris une ampleur inégalée. Ils étaient de nature industrialo-urbain : une ville pour une industrie, voire une compagnie liée à une ressource, généralement du sous-sol. Les villes polaires soviétiques ont ainsi fréquemment accompagné le développement d'une industrie extractive telles Norilsk pour le nickel, Vorkouta pour le charbon etc., ce qui n'a pas été aussi systématique du côté de l'Amérique du Nord. Ce développement de l'Arctique soviétique s'est d'abord appuyé sur le vaste système pénitentiaire du Goulag (par exemple Norillag à Norilsk, Vorkoutlag à Vorkouta). Celui-ci fournissait, dans ces contrées inhospitalières, de la main d'œuvre en quantité et à bas coût (Brunet, 1981). Après son abandon à la mort de Staline en 1953, le pouvoir central a poursuivi le développement de la partie septentrionale du pays en combinant le recours au Komsomol¹ et à des avantages, communément regroupés sous l'appellation du *long-rouble* (âge de la retraite avancé, facteur multiplicatif du salaire, accès facilité au logement, ou autres). Ces derniers sont encore applicables à la région administrative du *Grand Nord et ses régions assimilées* afin d'assurer une attractivité aux hautes latitudes, en dépit de l'hostilité du milieu.

L'effondrement de l'URSS sonna le glas de ces politiques volontaristes de grande ampleur. La zone polaire du pays connut alors un arrêt brutal de son développement et un déclin démographique colossal, bien plus prononcé qu'il ne le fut pour l'ensemble du pays, en particulier en Tchoukotka (Brunet *et al.*, 1995; Heleniak, 2003). Le renouveau actuel de l'intérêt pour l'Arctique dans la politique nationale ne suffit pas à compenser cette décennie noire des années 1990.

Dans ce contexte, la plaine de l'Ob, qui nous concerne plus spécifiquement dans ce texte, a fait l'objet d'une mise en valeur conduite par le pouvoir central durant la période 1960-1985. La région traversée par l'Ob cumule la double particularité d'être l'une des plus vastes et l'une des plus plates plaines du monde. Les altitudes y excèdent rarement 100 m, ce qui en fait une région marécageuse parmi les plus étendues de la planète et par là, la région où se sont formées d'immenses poches d'hydrocarbures.

La conquête de cet espace où règnent des conditions extrêmes, autant pour les humains que pour les infrastructures, a constitué un front pionnier jamais égalé dans la zone circumpolaire (Vaguet]-Marchand, 2005; Vaguet, 2016). En effet, la région s'est hissée aux premiers rangs mondiaux en termes de production de gaz et de pétrole mais aussi en termes de densité de grandes villes boréales. Les chiffres officiels nous renseignent sur la production régionale de pétrole et de gaz, ou encore sur l'évolution démographique des villes ouest-sibériennes. Pour autant, on sait peu de choses quant à l'inscription spatiale de ces chiffres. Assiste-t-on à un étalement urbain en dépit d'une croissance ralentie ? Les industries extractives, dont les productions sont reparties à la hausse, et qui favorisaient les champs supergéants, poursuivent-elles cette stratégie dans l'ensemble de la région ?

S'interroger sur l'évolution des formes spatiales de ce front pionnier industrialo-urbain durant la période post-soviétique nécessite de documenter la consommation d'espace différentielle, par l'industrie et par les villes. Pour répondre à cette question éminemment géographique, nous avons eu recours à une méthodologie basée sur l'imagerie spatiale. Après avoir posé le contexte, nous présentons la méthode suivie puis les résultats, d'abord à l'échelle régionale avant de développer deux cas particuliers. Le premier est situé dans la partie de l'extrême Nord bordant l'océan arctique, concerné par les mégaprojets de développement gazier en cours. L'autre cas, sur le cours moyen de

¹ Organisation de la jeunesse communiste durant l'ère soviétique, qui regroupait les adolescents et jeunes adultes (jusqu'à des dizaines de millions). Ceux-ci constituaient un réservoir de main-d'œuvre sur lequel le pouvoir central s'est appuyé notamment pour l'industrialisation et l'urbanisation du pays (par exemple construction d'usines, d'engins, d'immeubles, ou autres).

l'Ob, correspond à la première phase historique du front pionnier et aux actuelles concentrations les plus fortes de population de la région.

1 Contexte historique

En septembre 2019, l'Université de Sourgout, en Sibérie occidentale, célèbre le cinquantième anniversaire du développement de la région, avec un colloque intitulé « *Tyumen region: historical retrospective, realities of the present, contours of the future* ». L'unité géomorphologique de la plaine de l'Ob s'étend essentiellement sur quatre sujets² de la Fédération de Russie : les *Oblasts* de Tioumen et de Tomsk, ainsi que les deux *Okroug Autonomes* nordiques de Khantys-Mansis (OAKM) et de Iamalo-Nenets (OAIN) qui se trouvent sous la tutelle régionale de l'*Oblast* de Tioumen (OT) (Fig. 1). Ce sont ces deux districts septentrionaux qui nous intéressent ici car ils concentrent l'essentiel des hydrocarbures : l'OAKM pour le pétrole et l'OAIN pour le gaz. La production régionale dépend à 80% du premier (OAKM), à 16% du second (OAIN) et à moins de 4% pour l'oblast de Tomsk.

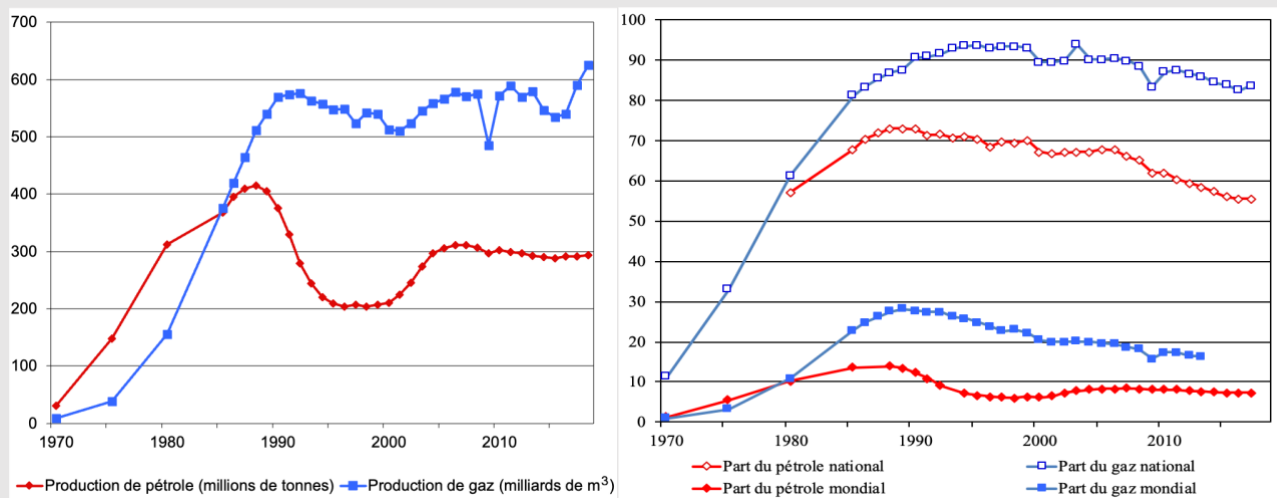


Fig. 1. Carte de localisation

Le premier champ pétrolier a été ouvert au milieu des années 1960 dans les environs du village de Sourgout (OAKM), sur le cours moyen de l'Ob, en zone subarctique (Fig. 1 Fig. 4). Le front pionnier s'est ensuite étendu vers le Nord sur plus de 1 400 km, pour exploiter d'abord du pétrole (OAKM), puis du gaz (OAIN), et finalement aujourd'hui, du gaz naturel liquéfié dans la péninsule de Iamal. Ces deux sujets septentrionaux, OAKM et OAIN, détiennent des champs d'hydrocarbures géants et supergéants, parmi les plus grands du monde, tels le Samotlor pour le pétrole (>1 500 km² ; rang 6) et l'Ourengoï pour le gaz (>1 000 km² ; rang 2). La production régionale s'est rapidement imposée dans le paysage national et mondial. Néanmoins, des signes d'essoufflement étaient apparus dès la

² Les sujets de la Fédération de Russie sont des subdivisions administratives. Il en existe actuellement 85 qui sont regroupées selon leur type : 22 républiques, 9 kraïs, 47 oblasts dont un autonome, 3 villes fédérales et 4 okroug autonomes. Ces derniers, qui nous intéressent ici, ont été créés sur une base ethnique et sont toujours placés sous la tutelle d'un autre sujet de la Fédération de Russie.

fin des années 1980 où la production enregistrait une baisse sensible. Il a fallu attendre le tout début de la décennie 2000 pour qu'elle augmente de nouveau en lien avec des partenariats internationaux telle la compagnie russo-britannique TNK-BP (Fig. 2).



Sources : Rostat (<https://eng.gks.ru/>) ; OCDE (<http://www.oecd.org/fr/>) ; AIE (<https://www.iea.org/>)

Fig. 2. Émergence d'un espace mondial de production d'hydrocarbures (1970-2018)

Ce développement de l'industrie extractive est allé de pair avec un boom démographique (**Error! Reference source not found.**). La population de la province de Tioumen (OT, OAKM et OAIN) a triplé, passant de 1,1 million en 1959 à 3,4 millions aujourd'hui. Les nouveaux arrivants s'installaient surtout dans les deux districts septentrionaux où ils trouvaient un emploi dans l'industrie extractive. En conséquence, de nouvelles localités subarctiques et arctiques ont été créées et ont grossi rapidement.

La région s'inscrit ainsi dans l'héritage soviétique des villes mono-industrielles, avec Sourgout pour le pétrole, Novy Ourengoï pour le gaz, etc. Parmi les 29 villes que compte la région, 24 sont nouvelles avec un statut de ville obtenu après 1960 et beaucoup comptent aujourd'hui plus de 100 000 habitants (**Error! Reference source not found.** et Fig. 4). Elles se situent, à quelques exceptions près, dans les deux districts septentrionaux et sont toutes liées à l'industrie des hydrocarbures. Au fil du temps, ces villes nouvelles sont devenues les bases-arrières des nouveaux établissements humains plus au nord, d'abord dans la taïga, puis dans la toundra, et au-delà du cercle arctique à partir des années 1980. Au total, il s'agit bien là, d'un front pionnier industrialo-urbain inédit dans la région circumpolaire (Zaitseva, 2002; Vaguet]-Marchand, 2005; Engel, 2007; Vaguet, 2016).

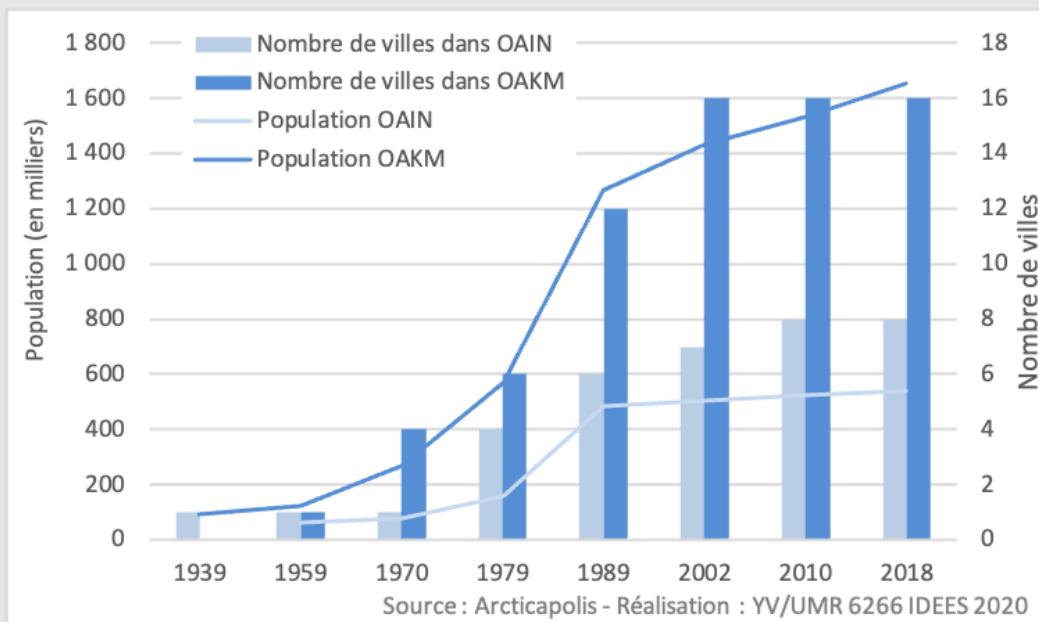


Fig. 3. Émergence d'une région boréale urbaine, la plaine de l'Ob (1970-2018)

Parallèlement à ce gigantesque développement urbain, les liaisons ferroviaires, routières et aériennes se sont imposées comme voies de communication structurantes quand, jadis, seules les voies d'eau existaient (Fig. 4). Finalement, le mode d'habiter ces espaces polaires a connu une véritable bifurcation lors de la systémogénèse, laquelle a fait émerger un nouveau système géographique régional fondé sur les industries extractives et un mode de vie urbain, ancré dans la mondialisation, au moins par les flux d'hydrocarbures (Vaguet]-Marchand, 2005). Ce front pionnier ouest-sibérien a fini d'asseoir l'héritage urbain boréal de la Russie. De fait, le pays comptabilise aujourd'hui les plus grandes unités urbaines polaires et bénéficie d'une immense expertise d'aménagement et d'occupation humaine des hautes latitudes.

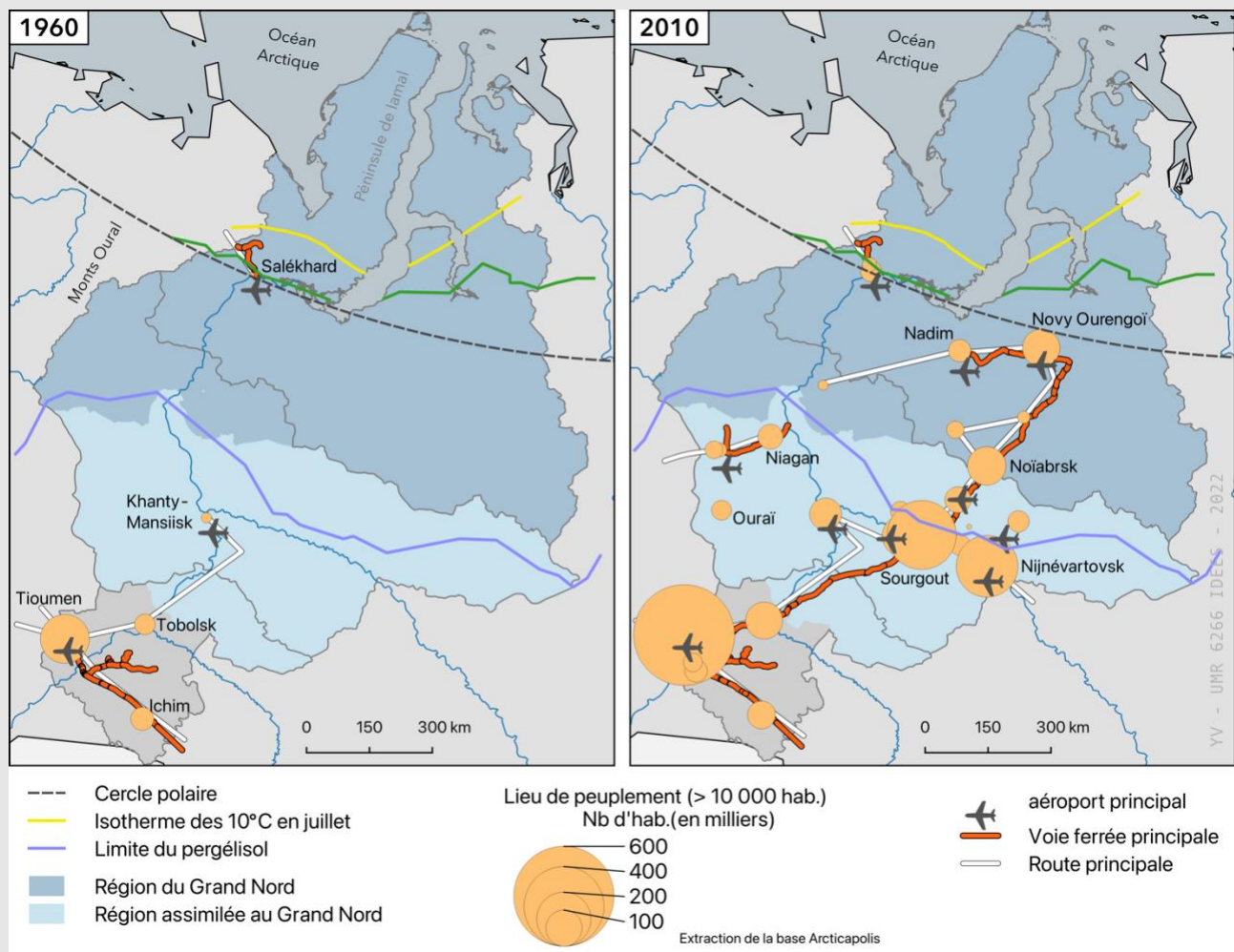


Fig. 4. Conquête industrialo-urbaine de la Sibérie occidentale

Après l'effondrement de l'URSS en 1991, les villes pétrolières et gazières de la Sibérie occidentale ont constitué, une « anomalie démographique ». En effet, durant la première décennie post-soviétique, l'ensemble de l'arctique russe a connu un déclin démographique dramatique, les populations fuyant le Grand Nord (Heleniak, 2003; Gaye, 2006). Beaucoup de villes boréales enregistrent encore aujourd'hui une baisse, ou, au mieux, un léger regain, loin toutefois de compenser les pertes. Dans ce contexte de crise politique, économique et démographique, les villes monofonctionnelles arctiques apparaissent les plus fragiles, menacées de fermeture selon l'état de l'entreprise-mère. A l'inverse, celles de Sibérie occidentale, nées des hydrocarbures, sont parvenues à maintenir leur population et ont même continué à être attractives, en dépit du reflux de la politique volontariste de l'ère soviétique, de la volatilité du prix du baril, parfois même en-deçà des coûts d'extraction dans ces contrées extrêmes, et alors que la production avait marqué un fléchissement dès la fin de la décennie 1980. Les deux districts autonomes, OAKM et OAIN, ont ainsi conforté leur place derrière Moscou en haut du palmarès des régions les plus riches de Russie.

À partir de 2000, avec le retour de la croissance, le discours national réaffirme le pays comme puissance arctique au point d'évoquer un arcticisme (Laruelle, 2012). La Russie, qui préside le Conseil de l'Arctique (2021-2023), conduit une nouvelle politique volontariste dans sa zone septentrionale avec deux projets d'aménagement phares : la Route Maritime du Nord (*Sevmorput*) qui longe le littoral arctique russe reliant l'Europe et l'Asie, et la production d'hydrocarbures au débouché de l'Ob.

Dans ce contexte, l'espace de production de la Sibérie occidentale s'est encore étendu vers le Nord dans la péninsule de Iamal sur la rive gauche de l'Ob, avec le mégaprojet *Yamal-LNG*³ relevant de la compagnie du même nom, fondée en 2005. À l'avenir, il s'étendra encore avec le deuxième projet, *Arctic LNG2*, dans la péninsule de Gydan sur la rive droite de l'Ob. L'analyse infrarégionale de la coévolution des deux processus d'industrialisation et d'urbanisation à l'ère post-soviétique et de leur progression vers le Nord, appelle des données à des échelles fines.

2 Données et méthodes

Les statistiques de production et de population restent à des niveaux spatiaux peu comparables et généralement vastes. Par exemple, les plus petites unités territoriales de recensement de population (localités mises à part) sont aux hautes latitudes quasi-toujours gigantesques en raison de leur genèse encore récente et de leur faible occupation humaine. Ainsi, le raïon russe, premier niveau de recensement au-dessus du lieu, couvre dans la zone septentrionale, en moyenne 69 900 km². Le raïon de la péninsule de Iamal est vaste de 116 000 km² pour 15 000 habitants. Par comparaison, il se situe, en termes de hiérarchie, entre les niveaux français de la commune et du département. Le premier couvre en moyenne 15 km² et au maximum 757 km² (Arles). Le second couvre en moyenne 106 km². Ainsi, nous pouvons considérer que nous savons peu de choses de la spatialité des chiffres donnés pour la plaine de l'Ob.

De plus, l'immensité de la région, le caractère sensible de toutes les données la concernant et la difficulté d'accéder au terrain avec une circulation contrainte (nécessité d'autorisation spéciale en sus du visa, et espaces industriels non autorisés), constituent autant d'entraves à l'analyse géographique régionale. A cet égard, la télédétection offre d'indéniables atouts pour aborder les problématiques d'usage du sol, dans le temps et à une échelle fine.

Pour notre analyse, nous avons retenu, en particulier, les images du capteur Operational Linescan System (OLS) du satellite Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) qui indiquent les lumières nocturnes à la surface de la Terre. Ce programme est arrêté depuis 2014. A partir de celles-ci, la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) a réalisé plusieurs produits, couvrant l'ensemble du monde, avec une résolution de 1 km, ce qui constitue la base de données *DMSP-OLS NightTime Lights time series* (NTL). De celle-ci, nous avons utilisé les images moyennes annuelles où la valeur du pixel, entre 0 et 63, traduit l'intensité lumineuse nocturne moyenne sur l'année, pondérée par le pourcentage de jours sans nuages (**Error! Reference source not found.-a**). Ce produit minimise l'effet d'éblouissement, lequel constitue un grave inconvénient car il augmente artificiellement l'intensité et la superficie des taches lumineuses, risquant ainsi de fausser l'appréciation des phénomènes qui les produisent.

Cependant, les zones de lumières proviennent à la fois des espaces urbains et des torchères des activités extractives, rendant impossible, en l'état, l'étude différenciée de la consommation d'espace par l'habitat et l'industrie. Pour différencier la nature des lumières nocturnes (NTL), nous avons eu recours à deux autres bases de données :

- D'une part, la base *Identified gas flares* du NOAA (**Error! Reference source not found.-b**) qui contient des points localisant les torchères identifiées (Purnamasari, 2017).
- D'autre part, la base de données *Arcticapolis* (**Error! Reference source not found.-c**) qui répertorie tous les lieux de peuplement et leur population dans les pays circumpolaires (Vaguet, Ourng, Moriconi-Ebrard, 2021). Cette base géohistorique et géoréférencée contient toutes les Unités Locales (UL) de peuplement recensées quelle que soit leur population. Elle est construite à partir des données des recensements normalisés aux décennies. De plus, elle contient tous les polygones des zones de bâti des grandes localités ($\geq 10\ 000$ hab), soit 23 dans la région d'étude (**Error! Reference source not found.-d**). Ces zones morphologiques

³ LNG : Liquefied Natural Gas.

urbaines (ZMU) ont été réalisées manuellement selon le protocole du projet e-geopolis (Moriconi-Ebrard, 1994), lui-même en cohérence avec les recommandations de l'ONU. Autrement dit, elles correspondent à une zone bâtie ayant une population agglomérée d'au moins 10 000 habitants avec un bâti sans discontinuité supérieure à 200 mètres. Ces polygones ont permis d'étalonner la luminosité des différentes images DMSP-OLS-NTL, étape nécessaire, d'autant que celles-ci proviennent de satellites différents : F10, F15 et F18 respectivement pour 1992, 2000 et 2010.

Dans une perspective diachronique sur la période post-soviétique, nous avons retenu, autant que possible, la première année décennale. Toutefois, pour les images DMSP-OLS, et les points *Identified gas flare*, nous avons utilisé les premières données disponibles qui datent respectivement de 1992 et 1994.

Données - Type – (Source)	Description (disponibilité)	Dates retenues
a. DMSP-OLS-NTL - Raster (résolution 1km) – (NOAA)	NightTime Lights (NTL) v4 avg_lights_x_pcts Images satellites des lumières nocturnes où l'intensité lumineuse est pondérée par la fréquence de nuits sans nuage (1992-2013)	1992 2000 2010
b. Identified gas flares – Points – (NOAA)	« Gas flares » identifiés individuellement sur Google Earth à partir des images DMSP-OLS (1994-2012)	1994 2000 2010
c. Geohistorical Settlement Database – Points & Polygons – (Arcticapolis)	Localités de peuplement avec populations des recensements normalisées à chaque décennie (XVIII ^e s. pour les villes/ 1950 pour toutes les localités – aj.)	1990 2000 2010
d. Geohistorical Settlement Database – Polygons – (Arcticapolis)	Zones Morphologiques Urbaines (ZMU) des localités de 10 000 habitants et plus.	1990 2000 2010

Tabl. 1. Données utilisées

Le choix a été fait de binariser les images de lumières nocturnes. De fait, il s'agit de ne retenir que les lumières intenses et significatives pour notre étude qui correspondent soit à l'industrie, soit aux villes, et d'éliminer les « bruits de fond » liés généralement à des artefacts. Ceux-ci relèvent de « pollutions lumineuses » dues aux reflets des lumières émises par les aires urbaines et industrielles dans l'eau, ce qui pourrait se révéler non négligeable dans une région marécageuse comme la plaine de l'Ob (Elvidge *et al.*, 2001). Ils peuvent aussi correspondre à de petites émissions peu ou pas représentatives telles celles provenant de villages (Imhoff *et al.*, 1997). Pour trouver le seuil de binarisation cohérent pour les trois dates (1992, 2000 et 2010), les 23 ZMU ont été utilisées. Pour chacune, la valeur de la luminosité minimale a été retenue puis, la médiane de ces 23 valeurs minimales a été utilisée comme seuil à appliquer à l'ensemble de l'image. Cette valeur centrale présente l'avantage d'être peu sensible aux valeurs extrêmes. Aucune méthode de seuillage n'est parfaite et les taches lumineuses souffrent inévitablement de cette limite. Cependant, cette technique présente le mérite d'être simple, efficace et facilement automatisable. Le seuil ainsi défini est de 9 pour l'image de 1992, 5 pour celle de 2000 et 7 pour celle de 2010. Chacune des trois images DMSP-OLS-NTL binarisée avec son seuil retenu est ensuite vectorisée. Chaque polygone obtenu correspond dorénavant à une tache lumineuse nocturne significative notée NTL (Fig. 5).

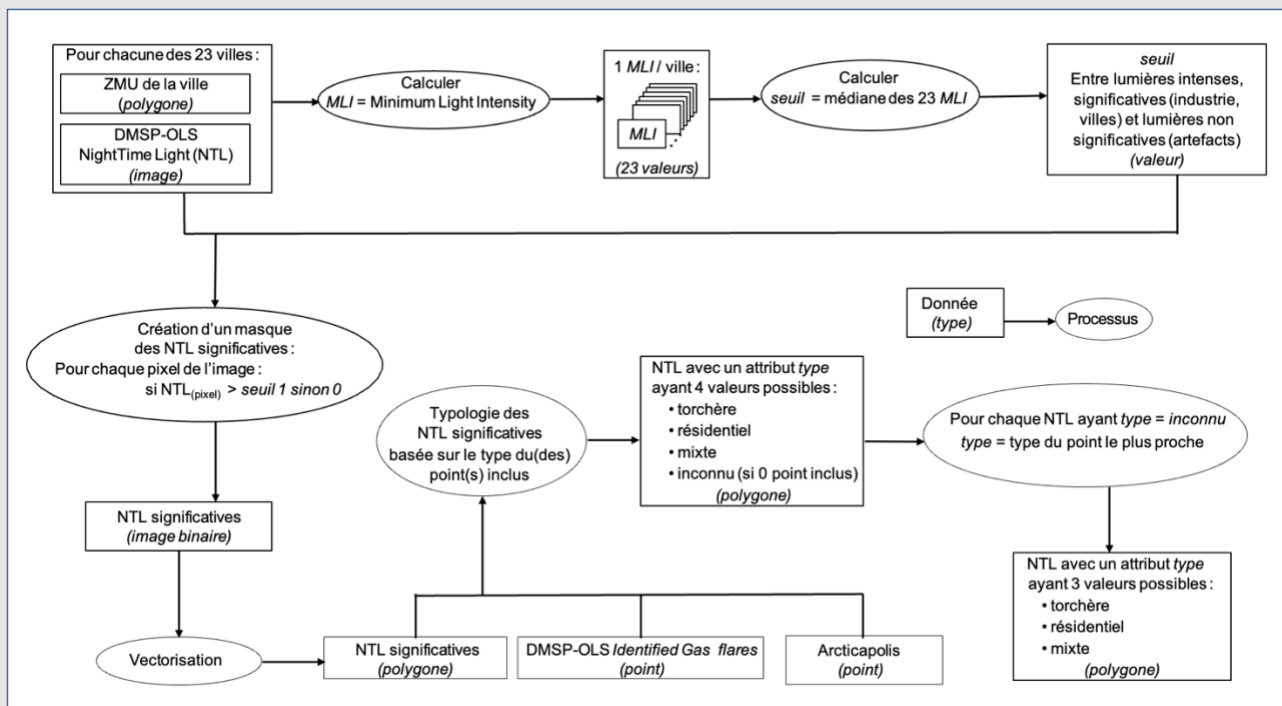


Fig. 5. Chaîne de traitements pour la typologie des lumières nocturnes d'image DMSP-OLS

Après vectorisation des taches lumineuses nocturnes significatives de l'image DMSP-OLS, celles-ci sont confrontées aux bases de données des torchères et des lieux de peuplement de façon à réaliser une typologie. *In fine*, à chacune est associé un type (torchère, résidentiel, ou mixte), car si aucun point, torchère ou lieu habité, ne se trouve précisément sur la tache, celle-ci prend le type du point le plus proche (Fig. 5). Cette étape fournit la base de notre analyse régionale de l'évolution de la consommation d'espace par les activités anthropiques majeures que constituent l'industrie extractive et la fonction résidentielle, sur ce front pionnier boréal.

3 Résultats et discussion

Un petit nombre de champs géants tels Samatlor pour le pétrole ou Ourengoï pour le gaz, concentrait l'essentiel de la production au moment de la chute de l'URSS. Cette concentration est typique de tous les jeunes bassins pétroliers et gaziers du monde et s'atténue généralement au fil du vieillissement des bassins, lorsque s'ouvrent, dans un second temps, de moyens et petits champs à proximité. Or, la Sibérie occidentale présente la particularité d'avoir longtemps maintenu cette concentration (Ulmishek, 2003; Sagers, 2006). De fait, durant l'ère soviétique, la course aux géants et supergéants impliquait le délaissement des petits réservoirs. De sorte qu'à la chute du régime, la région recéléait un stock gigantesque de réservoirs de taille plus modeste qui restait à développer. Matthew Sagers (2006) relève que le rattrapage, en termes de maturité du bassin et donc d'ouverture de petits et moyens champs, n'a eu lieu que durant la seconde partie des années 1990. Il mentionne l'exemple de l'année 1996 avec l'ouverture de 500 nouveaux puits dans le seul OAKM qui se trouve aussi être le plus habité. Cependant, il ne donne guère plus de détail quant à l'inscription spatiale de ce développement au sein de l'espace du OAKM, pourtant grand comme la France.

Les résultats obtenus par notre méthode (Fig. 6) montrent que les lumières nocturnes impliquant des torchères, y compris les taches mixtes lorsqu'il y a coalescence avec une tache relevant de la fonction résidentielle, ont augmenté : 94 en 1992 (74 torchères et 20 taches mixtes), 150 en 2000 (120 torchères et 30 taches mixtes) et 242 en 2010 (211 torchères et 31 taches mixtes). Ceci représente un facteur multiplicatif de 2,5 sur la période post-soviétique comprise entre 1992 et 2010.

Dans l'ensemble de la région, l'essentiel des torchères s'organise globalement sur un axe Sud-Nord (Fig. 6, repères 1 à 4) et cette structure spatiale persiste au-delà de l'effondrement de l'URSS, près d'un demi-siècle après la première mise en exploitation. Sur cet axe, les dix champs de pétrole et/ou de gaz de la Sibérie occidentale peuvent être regroupés en deux sous-régions. La première, la plus ancienne, est liée au pétrole et s'étend sur le cours moyen de l'Ob (*Middle Ob*, OAKM). C'est de loin, la plus importante en nombre de torchères en 2010. La seconde région, est liée au gaz et s'étend plus au nord (*Nadym Pur*, OAIN). Ces deux sous-régions comptent respectivement les supergéants Samatlor (pétrole), Ourengoï (gaz et pétrole) et Iambourg (gaz) adossés aux villes de Sourgout (OAKM) et Novi-Ouregoï (OAIN). Un axe secondaire à l'Ouest (*Near Ural*) a connu le même développement quoique moins prononcé.

Le traitement des images DMSP-OLS montre que la taille moyenne de chacune des taches a diminué (de 220 km² à 149 km²), ce qui corrobore bien la multiplication des petits forages. Les nouvelles taches lumineuses induites par les torchères et taches mixtes correspondent aux réservoirs de taille plus modeste ayant été mis en valeur tardivement et qui se localisent plus particulièrement aux alentours des supergéants. Ainsi, les champs d'hydrocarbures conservent le même classement en termes de consommation d'espace par les industries extractives mais les écarts se sont creusés. Ainsi, la zone du *Middle Ob* concentre l'essentiel des nouvelles lumières nocturnes imputables à la multiplication des puits.

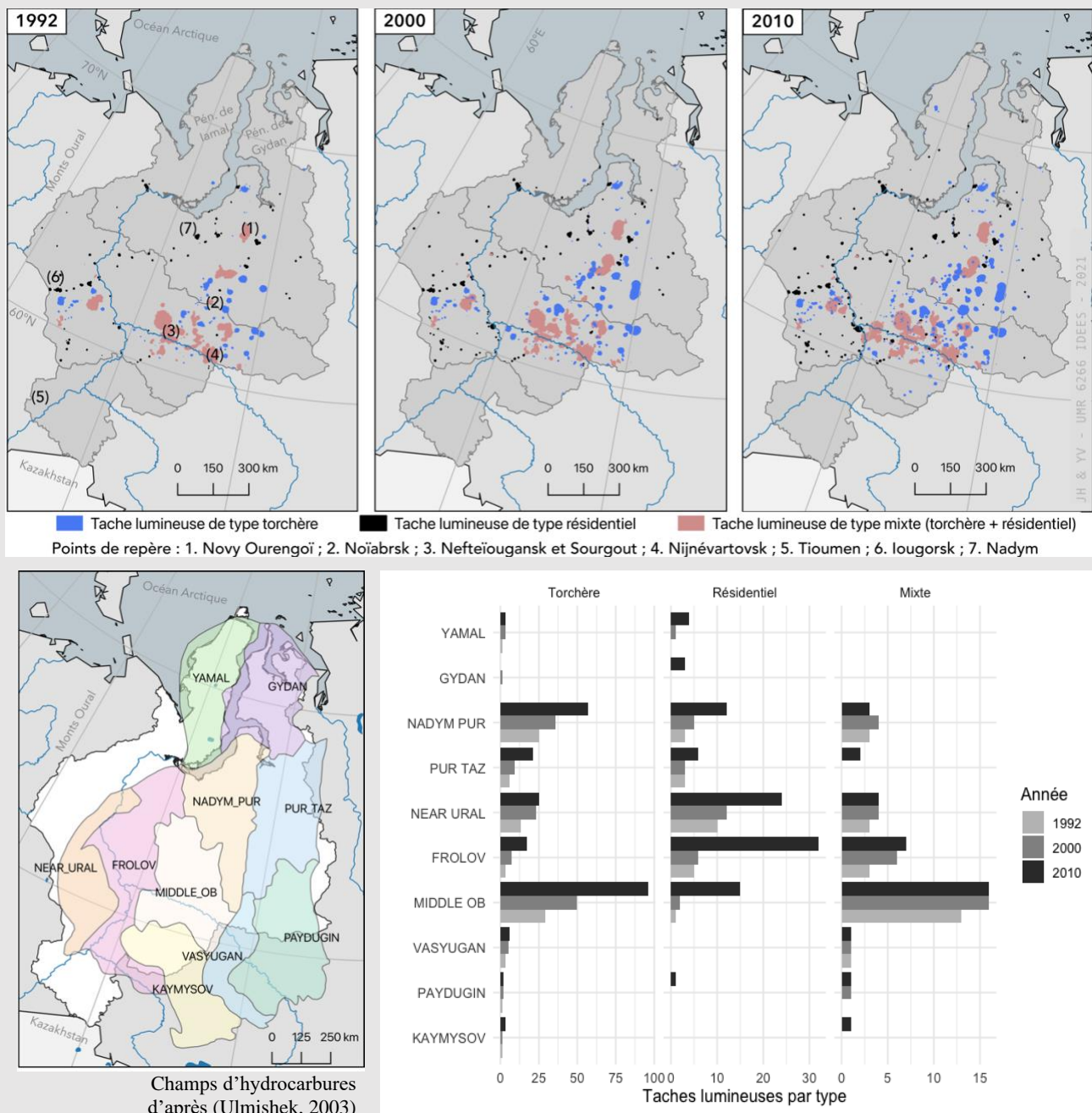


Fig. 6. Taches lumineuses nocturnes dans la plaine de l'Ob en 1992, 2000 et 2010

En comparaison, la fonction résidentielle a connu sur la période, une croissance bien moindre : le nombre de taches lumineuses concernées (résidentielles et mixtes) est passé de 76 en 1992 à 105 en 2000 et 132 en 2010, avec une stagnation de leur superficie moyenne (dans une fourchette de 60 km²). Assez logiquement, la sous-région du *Middle Ob* concentre l'essentiel des lieux de peuplement sur toute la période, puisqu'à l'époque soviétique, la création de ceux-ci était systématiquement adossée au développement des industries extractives. Elle rassemble aussi les localités les plus grandes dont les trois plus grandes de la région, Sourgout (300 000 habitants), Nijnevartovsk (250 000) et Nefteïougansk (125 000) (Fig. 6, repères 3 et 4).

Toutefois, les plus fortes augmentations concernent les sous-régions de *Frolov* et *Near Ural*, surtout pour les lumières réservées exclusivement à la fonction résidentielle. Cet axe occidental Iougorsk-Nadym (Fig. 6, repères 6 et 7) résulte du développement de la péninsule de Iamal et de celle de Gydan, à un moindre degré, pour l'extraction du gaz liquéfié. Les gazoducs construits passent par cet axe

pour alimenter la capitale russe et au-delà, l'Europe. De plus, s'y concentrent les actuelles bases arrières du développement des rives de l'océan arctique (Neelov, 2011). Ces localités accueillent notamment les travailleurs qui viennent en système de rotation ; Nadym (Fig. 6, repère 7) se trouve à 500-600 km et Iougorsk (Fig. 6, repère 6) à environ 1000 km des sites d'extraction les plus récents et/ou à venir.

À une échelle plus fine, il convient d'examiner comme premier cas infrarégional, l'extrême nord de la région composé des péninsules de Iamal et Gydan car il est l'objet d'un gigantesque développement gazier, véritable projet phare au sein de la région circumpolaire (Fig. 7). En effet, la capacité de ce projet à impulser la navigation sur la route maritime du nord-est et son insertion dans le projet chinois de la nouvelle route de la soie sont de nature à intéresser le système-monde, bien au-delà de la seule région boréale. Deux sous-projets sont impliqués, *Yamal-LNG* et *Arctic LNG2*, dont la production prévue devrait s'élever respectivement à 16,5 et 19,8 millions de tonnes annuelles de gaz naturel liquéfié.

Sur la péninsule de Iamal, l'exploitation relève de l'entreprise Yamal-LNG, un consortium russe (Novatek, 50,1%⁴), français (Total, 20%) et chinois (CNPC, 20%, et Silk Road Fund, 9,9%). Si la production a commencé en 2017, les torchères sont déjà visibles sur les données DMSP-OLS de 2000 et plus encore sur celles de 2010, bien que certaines aient pu être répertoriées comme résidentielles faute de ne pas être encore en activité. Elles marquent les champs de Bovanenkovo et de Kharasavey à l'Ouest, et celui de Yuzhno-Tambey à l'Est, proche du terminal gazier de Sabetta (Fig. 7, repères 1 à 3). L'ampleur des ressources du sous-sol de la zone rend celle-ci stratégique pour la Russie et pour Gazprom qui considère son exploitation comme inévitable⁵.

Sur la péninsule de Gydan, le projet *Arctic LNG2*⁶ est conduit par un consortium multinational : russe (Novatek, 60%⁷), français (Total, 10%), chinois (CNPC, 10%, et CNOOC, 10%) et japonais (Mitsui-Jogmec, Japan Arctic LNG, 10 %). Dans cette zone, le projet n'a été finalisé qu'en 2019, dès lors les premières lumières restent peu visibles sur les images DMSP-OLS (Fig. 7).

Sur le cercle polaire, les villes existantes profitent de ce développement industriel récent plus au Nord. Salekhard, ancien village autochtone niché à l'embouchure de l'Ob, capitale de l'OAIN, avait vu sa population augmenter de 21 à 65 mille habitants entre 1959 et 1989 en relation avec le développement du front pionnier. Puis, celle-ci avait stagné durant la décennie noire de 1990, avant d'augmenter à nouveau : +7,7% entre 2002 et 2010, les deux derniers recensements disponibles. Novy Ourengoï, la plus grande ville du district, surnommée la *gazprom-ville*, est une ville nouvelle créée à la fin des années 1970 pour l'exploitation des méga-champs gaziers de Ourengoï et Iambourg. Elle comptait 95 000 habitants au moment de la chute de l'URSS. Après une légère baisse, la hausse a repris pour dépasser 100 000 habitants (+10,6% entre 2002 et 2010).

⁴ Toutefois, le français Total détient 19,4% de Novatek ce qui porte sa participation indirecte à 9,7%.

⁵ Gazprom, <https://cutt.ly/EfiAaFp> & Total, <https://cutt.ly/xnzjY6H>

⁶ <https://www.totalenergies.com/fr/medias/actualite/communiqués/russie-lancement-du-projet-majeur-arctic-lng-2>

⁷ Toutefois, le français Total détient 19,4% de Novatek ce qui porte sa participation indirecte à 11%.

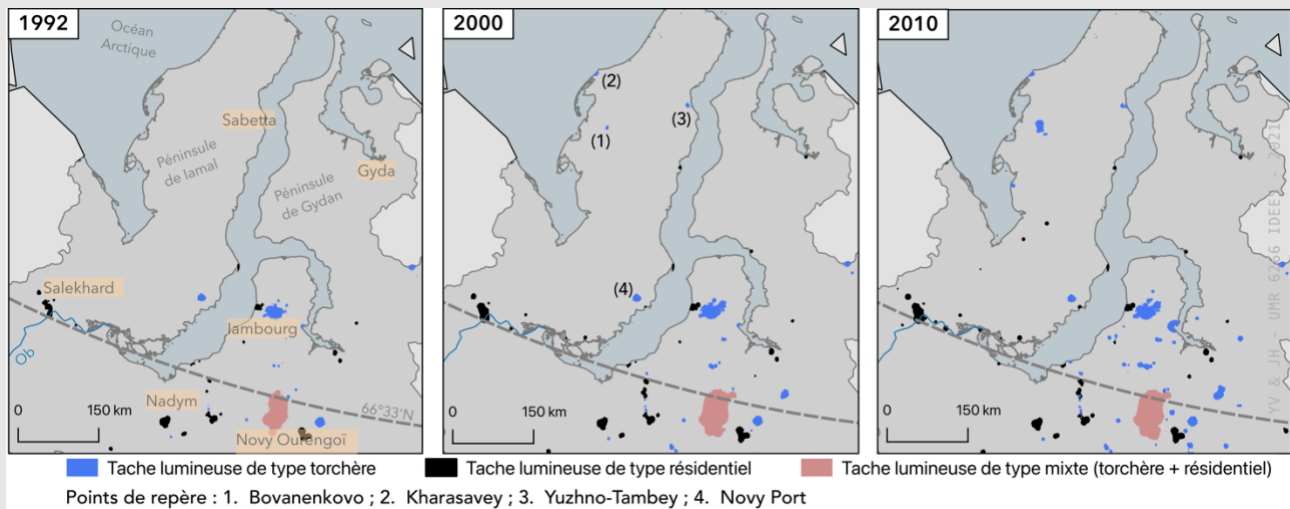


Fig. 7. Taches lumineuses à l'extrême Nord, induites par les projets Yamal-LNG et Arctic LNG2 en 1992, 2000 et 2010

Finalement, les deux fonctions, industrielle et résidentielle, montrent un découplage pendant la période post-soviétique 1992-2010. D'une part dans leur dynamique ; l'industrie continue, comme par le passé, à consommer plus et plus vite d'espace que l'habitat. D'autre part dans leur zone d'implantation ; l'industrie s'est développée là où elle était déjà présente (densification) mais aussi plus au Nord, dans les péninsules bordant l'océan arctique (extension). En revanche, l'habitat se développe davantage dans la partie Ouest de la région, illustrant par là le délaissement de la politique de peuplement systématique à proximité immédiate des puits. En effet, un fonctionnement par équipe tournante de travailleurs est désormais systématisé à partir des villes nouvelles de l'ère soviétique utilisées comme bases-arrières. Parmi celles-ci, on compte Nadym et Iougorsk ainsi que Noïabrsk et Novy Ourengoï, et dans l'OAIN, Sourgout (OAKM) considérée comme la capitale pétrolière du pays, située à plus de 700 km au sud de Novy Ourengoï (Neelov, 2011).

Enfin, concernant les taches mixtes prises seules, leur nombre a augmenté de 20 à 30 durant la décennie 1990, sous l'effet conjugué du rapprochement des employés dont l'entreprise n'était plus aussi généreuse pour le transport domicile-travail et de l'ouverture de champs de moindre taille à proximité des géants et des localités existantes. Ensuite, leur nombre a stagné, en cohérence avec le découplage des deux fonctions tandis que l'extraction s'étendait vers le Nord. Elles se situent ainsi essentiellement sur l'Ob moyen, parmi les premières implantations du front pionnier dans les années 1960 et 1970. Dès lors, c'est là que se concentrent les risques environnementaux les plus forts car ces taches correspondent aux lieux de peuplement les plus importants et aux infrastructures les plus âgées. Or, dans ces contrées, les pipes souffrent très vite (Vaguet]-Marchand, 1999). Ainsi, début mars 2021, un oléoduc a pris feu sous le fleuve de l'Ob gelé, à proximité de Nijnevartovsk. Les habitants ont rapporté l'accident et leurs inquiétudes sur les réseaux sociaux, notamment les tensions sur l'eau potable, tandis que la presse internationale et nationale restait beaucoup plus discrète⁸. La tache lumineuse mixte de l'accident comptabilise plus de 300 000 habitants mais la pollution inquiète bien au-delà, vers l'aval. Au total, plus d'un million de personnes résident sur le cours moyen de l'Ob pétrolifère. Ces habitants pêchent et consomment les poissons du fleuve. De plus, toute la zone est marécageuse avec des accès difficiles, parfois impossibles, et elle s'étend en domaine subarctique lequel se caractérise par de faibles capacités de régénération (activité microbiologique limitée par les températures et la nuit polaire), l'écosystème présente ainsi une grande vulnérabilité.

⁸ Réseaux sociaux : https://vk.com/wall-75962000_1614676 & <https://www.instagram.com/p/CMFgQZXgoUJ/> ;
 Presse : <https://www.nytimes.com/2021/03/06/world/europe/oil-spill-russia-siberia.html>

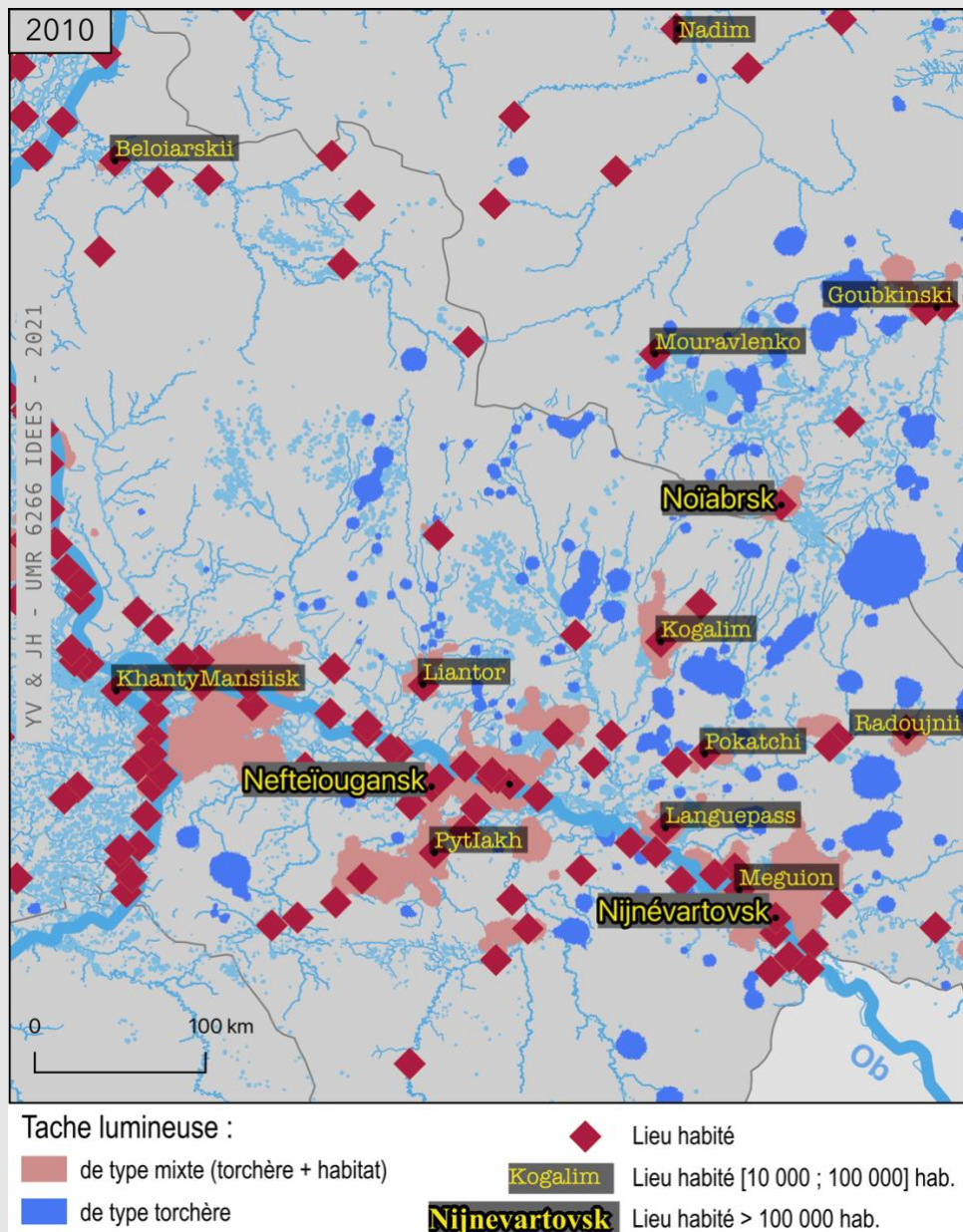


Fig. 8. Une imbrication dangereuse de l'industrie et de la ville sur l'Ob moyen

4 Conclusion

L'usage de la télédétection s'est développé avec la disponibilité sur internet de larges banques d'images satellites couvrant presque l'entièreté de la surface terrestre en *open data*, rendant ainsi possible les études diachroniques. Les images satellites de DMSP-OLS ont permis d'aborder un espace régional, grand comme 2,6 fois la France. Ces satellites ont livré des images d'une qualité remarquable et stable dans le temps, autorisant des analyses temporelles des activités humaines. Il faut regretter l'arrêt du programme mais les données disponibles n'ont pas fini d'être exploitées et de révéler leur potentiel. La continuité pourrait être assurée par un satellite F21, ou plus probablement, par NOAA-20 du Joint Polar Satellite System (JPSS) lancé fin 2017 dont les produits sont différents (la base des points identifiés comme torchères s'arrête en 2012).

Dans notre recherche, le couplage des images satellites de DMSP-OLS avec la base des torchères (NOAA) et celle du peuplement (Arcticapolis) a permis d'associer à chaque lumière nocturne significative, une fonction résidentielle et/ou extractive. Ainsi, ce travail a livré des cartographies à une échelle fine à la fois des espaces d'extraction d'hydrocarbures et des espaces résidentiels. Il

enrichit les statistiques des productions qui présentent un niveau d'enregistrement bien trop lâche, et les recensements qui ne sont pas spatialisés. En outre les deux sont rarement associés pour une analyse conjointe. Surtout, la répétitivité des données a autorisé l'analyse diachronique pour une représentation des dynamiques de consommation d'espace par ces deux fonctions.

Concernant l'emprise spatiale des industries extractives, la période post-soviétique se divise en deux temps. D'abord à la fin de la décennie 1990, le développement des petits et moyens réservoirs a permis de relancer la production régionale, ce qui signe l'abandon de l'option qui prévalait à l'époque soviétique de se concentrer sur les réservoirs de premier rang (Ulmishek, 2003). Ensuite au tournant du XXI^e siècle, l'extension septentrionale vers les rives de l'océan arctique, a repris avec la mise en production de la péninsule de Iamal en 2017 et prochainement, celle de Gydan. Cela devrait encore renforcer le rayonnement russe et mondiale, de la plaine de l'Ob en tant que région de production d'hydrocarbures pour les décennies à venir. Nos travaux confirment l'intensification de l'usage des terres par une densification des forages et plus précisément, ils montrent que ceci s'effectue à proximité des lieux de peuplement et dans les aires les plus peuplées, sur le cours moyen de l'Ob. En revanche, à l'embouchure du fleuve, l'occupation récente est le fait de l'industrie extractive sans déploiement de l'habitat permanent. Ce développement fait émerger des conflits d'usage avec les éleveurs de rennes car les péninsules constituent traditionnellement des aires de transhumance de leur troupeaux (Stammler, 2005).

Contrairement à la croissance de l'emprise des puits d'extraction, les espaces consacrés à la fonction résidentielle ont stagné puisque la stratégie de peuplement systématique est désormais abandonnée. En conséquence, si les villes déjà créées se sont maintenues, voire modernisées, il n'y a pas eu de « nouvelle ville nouvelle » plus au Nord et notamment en association avec l'industrialisation de la péninsule de Iamal. Là, le développement des industries extractives s'appuie sur les « anciennes villes nouvelles » datant de la période soviétique. Celles-ci sont désignées comme les bases arrières des travailleurs qui viennent par rotation pour des périodes définies, un système déjà opérationnel avant 1991 (Engel, 2007; Neelov, 2011).

Conséquences de ces évolutions, les zones d'imbrication des deux fonctions, résidentielle et industrielle, relèvent surtout des zones de la première phase historique du front pionnier. Ce sont donc celles qui cumulent les infrastructures les plus anciennes et les lieux les plus peuplés. Dès lors, elles concentrent les plus hauts risques pour l'environnement et les sociétés. Il ne faut donc pas négliger que cette région, arctique et subarctique, quoique globalement de faible densité, présente localement de fortes concentrations de population. L'accident ayant eu lieu en mars 2021 montre le potentiel de l'approche développée pour l'évaluation des populations exposées aux risques industriels.

5 Références

- Brunet, R. (1981) 'Géographie du Goulag', *Espace géographique*, 10(3), pp. 215–232. doi:10.3406/spgeo.1981.3657.
- Brunet, R., Eckert, D. and Kolossov, V. (1995) *Atlas de la Russie et des pays proches*. GIP Reclus, La Documentation française. Montpellier : Paris (Dynamiques du territoire).
- Elvidge, C.D. *et al.* (2001) 'Night-time lights of the world: 1994–1995', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 56(2), pp. 81–99.
- Engel, B. (2007) 'Public space in the "blue cities" of Russia.', in Stanilov, K. (ed.) *The post-socialist city: urban form and space transformations in Central and Eastern Europe after socialism*. Dordrecht: Springer (GeoJournal Library, 92), pp. 285–300.
- Gaye, A. (2006) 'Les trajectoires démographiques des régions en Russie', *L'Information géographique*, 70(4), p. 66. doi:10.3917/lig.704.0066.
- Heleniak, T. (2003) 'The 2002 Census in Russia: Preliminary Results', *Eurasian Geography and*

Economics, 44(6), pp. 430–442. doi:10.2747/1538-7216.44.6.430.

Imhoff, M.L. *et al.* (1997) ‘A technique for using composite DMSP/OLS “City Lights” satellite data to map urban area’, *Remote Sensing of Environment*, 61(3), pp. 361–370. doi:10.1016/S0034-4257(97)00046-1.

Laruelle, M. (2012) ‘Larger, Higher, Farther North ... Geographical Metanarratives of the Nation in Russia’, *Eurasian Geography and Economics*, 53(5), pp. 557–574. doi:10.2747/1539-7216.53.5.557.

Laruelle, M. (2019) ‘The three waves of Arctic urbanisation. Drivers, evolutions, prospects’, *Polar Record*, 55(01), pp. 1–12. doi:10.1017/S0032247419000081.

Moriconi-Ebrard, F. (1994) *Geopolis : pour comparer les villes du monde*. Paris: Anthropos : Diffusion Economica (Collection Villes).

Neelov, Y.V. (ed.) (2011) *Траектории проектов в высоких широтах / Trajectories of projects in the high latitudes*. Novosibirsk: Nauka.

Purnamasari, A.M. (2017) *Towards population density retrieval using gas-flare corrected dmsp-ols nigh-time light observations*. University of Twente. Available at: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2017/msc/nrm/purnamasari.pdf.

Sagers, M.J. (2006) ‘The Regional Dimension of Russian Oil Production: Is a Sustained Recovery in Prospect?’, *Eurasian Geography and Economics*, 47(5), pp. 505–545. doi:10.2747/1538-7216.47.5.505.

Stammler, F. (2005) *Reindeer nomads meet the market: culture, property and globalisation at the ‘End of the land’*. Münster, Westf: LIT (Halle studies in the anthropology of Eurasia, 6).

Ulmishek, G.F. (2003) *USGS Bulletin 2201-G: Petroleum Geology and Resources of the West Siberian Basin, Russia*. Available at: <https://pubs.usgs.gov/bul/2201/G/> (Accessed: 6 July 2020).

Vaguet, Y. (2016) ‘Les formes et les enjeux de l’urbanisation en Arctique’, in Joly, D. (ed.) *L’Arctique en mutation*. EPHE (Les mémoires du laboratoire de Géomorphologie, 46), pp. 125–134.

VAGUET Y., OURNG C., MORICONI-EBRARD F. (2021) ‘Is the Arctic really a frontier? Settlement dynamics within various Arctic Limits based on the Arcticapolis geohistorical database’, *Espace populations sociétés. Space populations societies*, N°2020/3-2021/1. <https://journals.openedition.org/eps/10277>

Vaguet]-Marchand, Y. (1999) ‘Industries des hydrocarbures, environnement et télédétection dans le domaine polaire russe.’, *Revue de Géographie de Lyon*, 74(3/99), pp. 267–274.

Vaguet]-Marchand, Y. (2005) ‘La conquête des hydrocarbures en Sibérie occidentale, le modèle centre-périphérie revisité’, *L’Espace géographique*, 2(34), pp. 145–159.

Zadlkind, L. (2013) ‘Review of Russian Arctic Regions: urbanization, economy, demography’, in *Proceedings from the First International Conference on Urbanisation in the Arctic*. (WP 6:218, 6), pp. 5–30.

Zaitseva, A.N. (2002) ‘La population de la province de Tioumen au XX^e siècle.’, *Espace Social (en russe)*, 20(5–6), pp. 65–70.

6 Remerciements

Ce travail a reçu un soutien financier de l’Agence Nationale de la Recherche [ANR PUR-15-CE22-0006].