



HAL
open science

La frontière vue du satellite : étude du territoire transfrontalier de Khorgos à l'aide des ondes infrarouges

Isabella Damiani

► To cite this version:

Isabella Damiani. La frontière vue du satellite : étude du territoire transfrontalier de Khorgos à l'aide des ondes infrarouges. *L'Espace Politique*, 2024. ⟨hal-04716222⟩

HAL Id: hal-04716222

<https://hal.science/hal-04716222v1>

Submitted on 1 Oct 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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License



L'Espace Politique

Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique

51-52 | 2023-3/2024-1

Géopolitique de l'espace extra-atmosphérique + Varia

La frontière vue du satellite : étude du territoire transfrontalier de Khorgos à l'aide des ondes infrarouges

The border seen from satellite: study of the cross-border territory of Khorgos using infrared waves

Isabella Damiani



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/espacepolitique/12889>

ISSN : 1958-5500

Éditeur

Université de Reims Champagne-Ardenne

Ce document vous est fourni par Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines



Référence électronique

Isabella Damiani, « La frontière vue du satellite : étude du territoire transfrontalier de Khorgos à l'aide des ondes infrarouges », *L'Espace Politique* [En ligne], 51-52 | 2023-3/2024-1, mis en ligne le 01 septembre 2024, consulté le 01 octobre 2024. URL : <http://journals.openedition.org/espacepolitique/12889>

Ce document a été généré automatiquement le 27 septembre 2024.



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

La frontière vue du satellite : étude du territoire transfrontalier de Khorgos à l'aide des ondes infrarouges

The border seen from satellite: study of the cross-border territory of Khorgos using infrared waves

Isabella Damiani

Introduction : télédétection et géopolitique critique

- 1 Les enjeux technologiques qui gravitent autour de l'information géographique sont nombreux. La question de la production ou de l'amélioration des données, l'automatisation des résultats, la modélisation multicritère des territoires (Verger, 2010), la représentation des régularités observées sont parmi les objectifs principaux qui alimentent la croissance des performances techniques. Les réflexions sur l'espace politique n'échappent pas à cette course au développement technologique de l'information et se concentrent notamment autour des données géospatiales dont l'imagerie satellitaire. Prérogative, pendant longtemps, du renseignement militaire (GEOINT, IMINT), c'est-à-dire dans des contextes de géopolitique « pratique » (Ó Tuathail, 1996) et plutôt au service des pouvoirs, ces données peuvent être extrêmement utiles également pour la recherche académique géopolitique indépendante. Ces informations géographiques, comme les lumières de nuit ou des images en couleurs naturelles des endommagements causés par des attaques de drones, récupérées depuis l'espace, se sont avérées être un outil essentiel dans de nombreuses réflexions académiques sur les espaces politiques (Elvidge et al., 1997 ; Agnew et al., 2008 ; Agnew et al., 2009 ; Gillespie et al., 2012 ; De Juan, 2015 ; Kuenzer et al., 2015 ; Do et al., 2018).

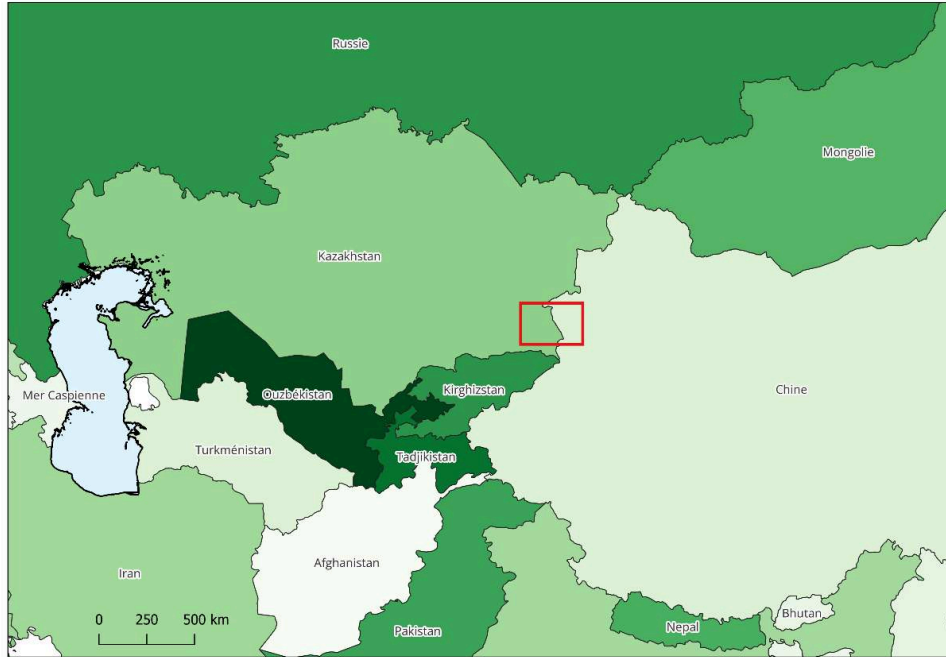
- 2 Les études frontalières ont particulièrement bénéficié des données satellitaires, comme dans l'étude de l'urbanisation de la région genevoise (Bornicchia, 1996), ou l'aménagement territorial transfrontalier entre le Venezuela et la Colombie (Gomez, Linares, Bradshaw, 2000 ; Gomez, Linares, 2006), ou l'occupation du sol entre l'Égypte et Israël (Qin, Li, Burgheimer, Karnieli, 2006), ou encore la région de Khorgos (Damiani, Bachelet, 2018 ; Bennett, 2020 ; Bennett, Faxon, 2021 ; Hiliquin, 2023). Grâce à une haute résolution spatiale du spectre du visible ou une grande variété spectrale des infrarouges, la donnée géospatiale peut faciliter les analyses multiscalaires et multitemporelles des espaces frontaliers, notamment depuis l'amplification de la matérialisation des dispositifs frontaliers et de surveillance des dernières années (Brown, 2009 ; Amilhat Szary, 2012, 2015, 2016 ; Ganivet, 2015 ; Vallet, 2018 ; Rosière, 2020). L'imagerie satellitaire permet donc d'améliorer l'évaluation des changements dans l'aménagement frontalier et d'analyser le travail des acteurs sur leur territoire. Comme les études citées ci-dessus l'indiquent, la télédétection appliquée à la géopolitique critique, c'est-à-dire une géopolitique indépendante de toute forme de pouvoir, peut donc aider à surveiller la surveillance, à analyser le contrôle exercé par les acteurs sur leur espace frontalier.
- 3 Néanmoins, l'utilisation de données géospatiales demeure toujours une méthodologie complémentaire à la saisie d'informations en provenance des terrains de recherche. La vérification sur place des informations satellitaires reste fortement préconisée afin d'éviter non seulement le piège d'une éventuelle *deepfake geography* (Zhao et al. 2021), c'est-à-dire des fausses informations géographiques, mais également afin de vérifier les résultats des traitements d'image qui peuvent parfois ne pas être satisfaisants¹. Cependant, l'accès aux territoires frontaliers peut parfois être limité, car aucun pouvoir, même le plus ouvert, n'apprécie un regard extérieur sur ses dispositifs de démarcation (et de défense) territoriale ou sur ses aménagements frontaliers. À la frontière, endroit où il est presque possible de toucher l'institution étatique (Amilhat Szary, 2020), nous avons donc le droit et même le devoir de contempler la souveraineté étatico-nationale théâtralisée (Brown, 2009), mais nous n'avons pas le droit de la regarder attentivement, de l'analyser, sans éveiller des soupçons. La télédétection aura donc comme objectif de contourner cette règle, d'examiner la frontière avec d'autres moyens, de compléter et d'améliorer l'observation du-de la géographe sur les espaces de frontière. Les Systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils qui complètent ce paradigme méthodologique car ils permettent non seulement le traitement des données satellitaires, mais aussi de les rassembler et de créer l'interaction parmi les différentes sources : terrain, satellite, bases de données, littérature préexistante.

L'intérêt d'un nouveau regard géographique sur Khorgos

- 4 Khorgos est aujourd'hui un toponyme avec des représentations multiples. Au-delà des différentes formes linguistiques kazakhe, ouïgoure, mandarin ou autres (Khorgas, Korgas, Qorgas, Huoerguosi, Huocheng pour ne citer que les formes les plus usitées), Khorgos peut désigner une grande et dynamique nouvelle ville chinoise, un poste-frontière en milieu désertique de la république du Kazakhstan, une zone de libre-échange destinée aux affaires internationales, une rivière utilisée en guise de frontière

politique, une région de la frontière soviétique, le terrain d'une fameuse bataille du XVIIIe siècle², la plaque tournante d'un projet géopolitique et géoéconomique d'une grande puissance mondiale du XXIe siècle (image 1). Ces représentations différentes, multitemporelles et multiscalaires sont les raisons qui ont amené à cette analyse avec l'aide de l'imagerie satellitaire infrarouge.

Image 1. Khorgos (rectangle rouge), dans son contexte eurasiatique

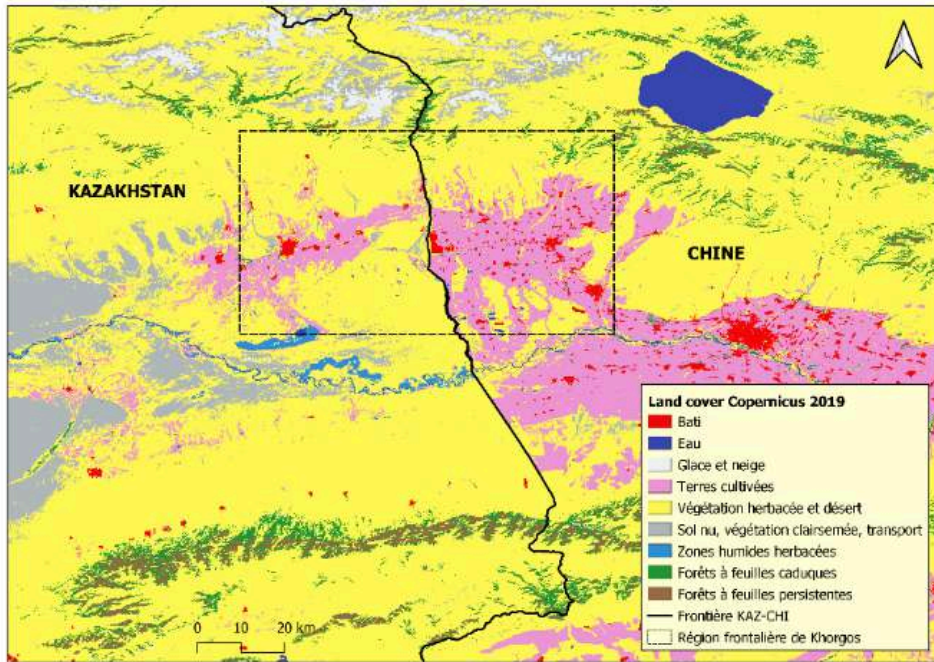


Réalisation de l'auteur.

- 5 Le territoire de Khorgos ne cesse de connaître d'importantes évolutions depuis le début des années 2000, et notamment depuis 2013, année de l'officialisation du projet chinois des Nouvelles routes de la soie (aujourd'hui *Belt and Road Initiative - BRI*) qui aura parmi ses objectifs le développement des échanges commerciaux entre la République Populaire de Chine (RPC) et le reste de l'Eurasie, ainsi que la facilitation de l'acheminement de la marchandise chinoise vers le Moyen-Orient, la Russie et l'Europe. À l'intérieur de cette démarche géoéconomique, Khorgos joue un rôle logistique et symbolique en tant que porte d'ouverture de la RPC vers l'ouest grâce à sa localisation, mais aussi grâce à ses multiples visages en évolution constante (Islamjanova, Iddrisu, Suy, Bekbauova, Suleiman, 2017 ; Grant, 2020 ; La Mela, 2021).
- 6 Afin de présenter le contexte géographique de la région d'étude, ce travail propose une analyse récente de l'occupation du sol de la région transfrontalière de Khorgos (image 2a), où on remarque le développement des espaces cultivés dans un contexte paysager aride, formé principalement par des territoires steppiques et sableux. L'échelle relativement petite de l'image 2a nous permet de voir le positionnement stratégique de Khorgos entre deux branches de la chaîne de montagnes Tian Shan/Tangri Tagh, au sud de la chaîne Jungar Alatau, source de la rivière Khorgos, et au nord du fleuve Ili, principale ressource hydrique du territoire. Un agrandissement d'échelle sur Khorgos

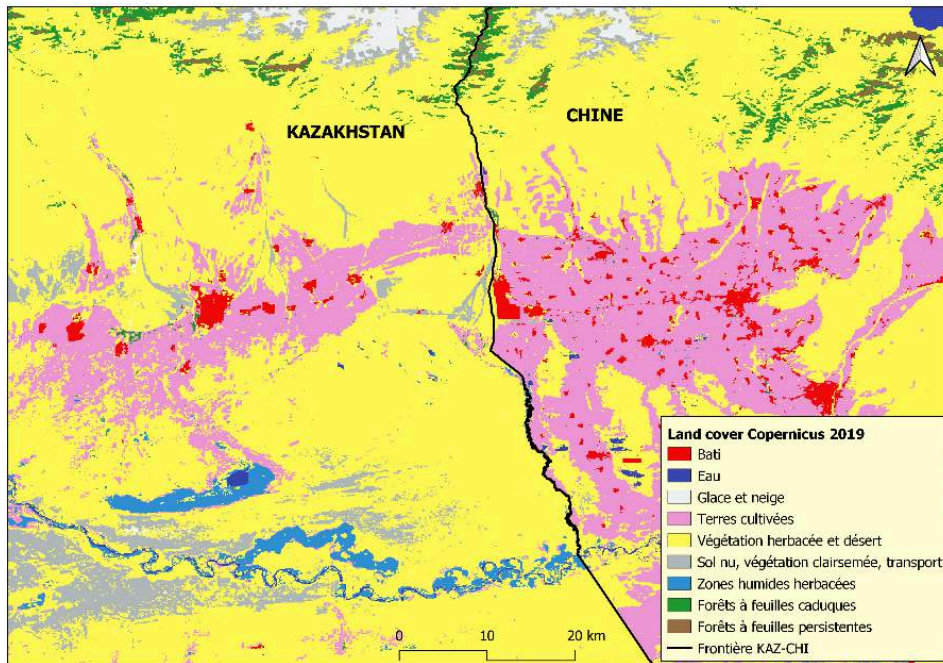
(image 2b) permet de discerner l'asymétrie de développement des espaces agricoles et urbains, beaucoup plus étendus du côté chinois.

Image 2a. Région transfrontalière de Khorgos, occupation du sol



Source : Programme Copernicus, ESA, 2019. <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

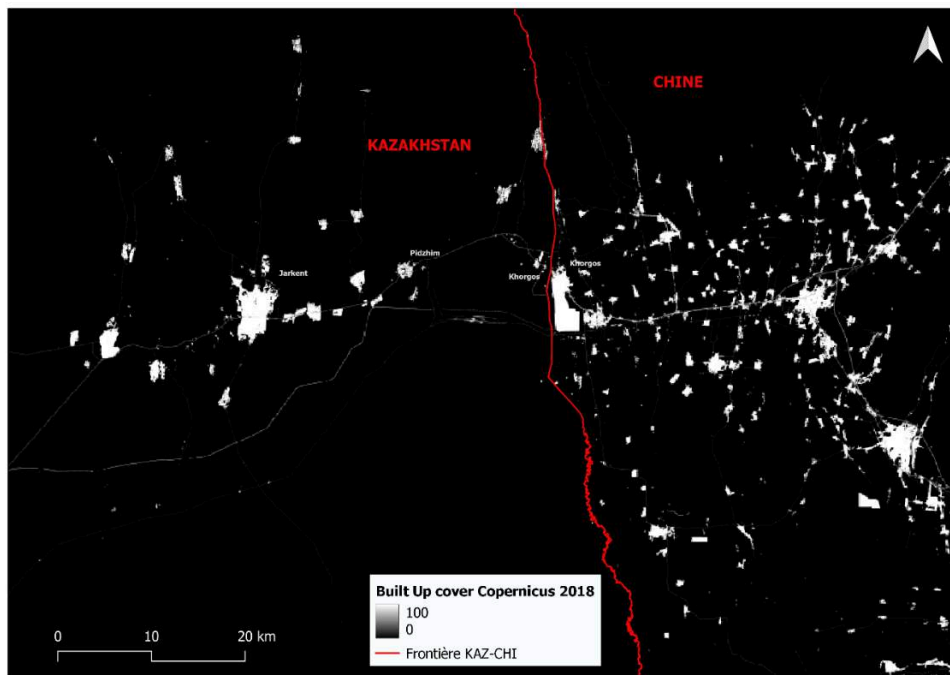
Image 2b. Zoom sur l'occupation du sol



Source : Programme Copernicus, ESA, 2019. <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

- 7 En dépit de la rhétorique autour de la coopération et du développement transfrontalier du territoire, les évolutions sont très asymétriques. Du côté chinois on remarque le développement d'un tissu urbain qui, depuis la fin des années 1990, n'a pas arrêté de s'étendre à travers la création de nombreux villages et de la ville de Khorgos qui aujourd'hui compte presque 250 000 habitants, alors qu'elle comptait 50 000 habitants en 2000 (Bureau des statistiques chinois). Toute la province frontalière chinoise de Khorgos, la préfecture autonome kazakhe d'Ili, est passée d'environ 400 000 à presque 2 900 000 habitants entre 1949 et 2011 (Tuerxun, Tashi, 2015). En revanche, du côté kazakhstanais la transformation de l'espace frontalier n'a pas vraiment attiré de nouvelle population, les villes limitrophes de Jarkent, Koktal, Pidzhim, du district frontalier de Panfilov, étant passées au total de 23 500 à 28 200 habitants entre 2009 et 2021 (Bureau des statistiques du Kazakhstan). Le village kazakhstanais de Khorgos, très proche de la frontière, qui sert uniquement d'interface au Centre international de coopération transfrontalière (ICBC), est passé de 875 à 1 148 habitants entre 2009 et 2021 (Bureau des statistiques du Kazakhstan). L'unique changement dans l'espace urbain kazakhstanais a été la création du village de Nurkent, en 2010, très proche de Pidzhim, qui accueille actuellement environ 1 000 habitants. Les données sur le bâti du programme européen Copernicus (image 3) nous permettent de voir dans le détail l'asymétrie urbaine autour de la frontière sino-kazakhstanaise dans cette région.

Image 3. Développement du bâti frontalier



Source : Programme Copernicus, ESA, 2018.

- 8 Cet article aura donc comme objectif un apport méthodologique : voir comment les données satellitaires infrarouges peuvent favoriser la compréhension d'un territoire de frontière soumis à d'importantes évolutions, à l'instar de la région de Khorgos. Les données sollicitées dans ce travail seront donc les ondes infrarouges, c'est-à-dire le rayonnement du spectre électromagnétique compris entre 780 nm (nanomètre) et 1 mm (millimètre) environ³. Le choix de se concentrer sur les ondes infrarouges est dicté

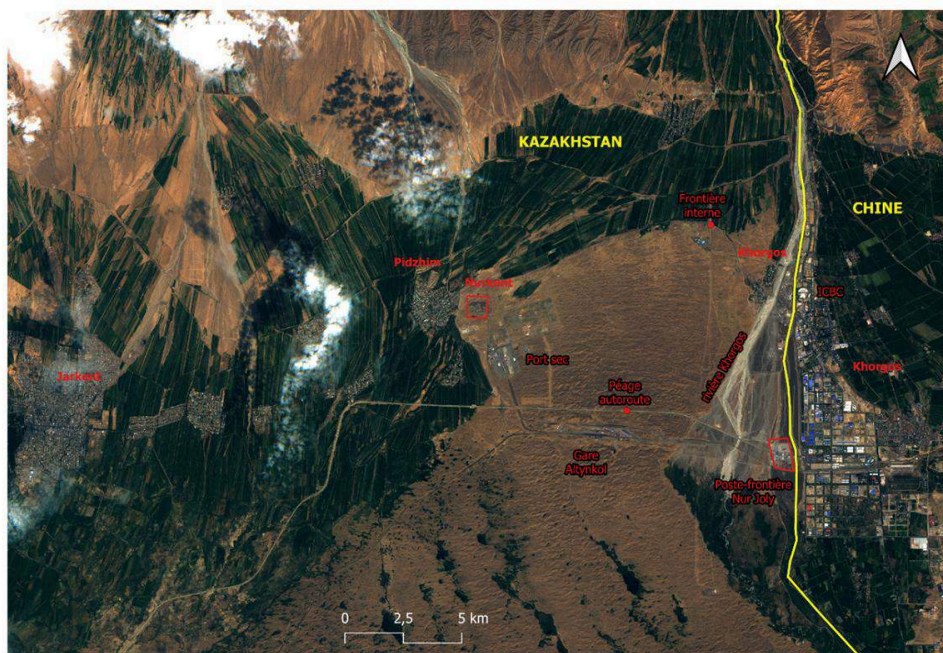
par la volonté de mettre en valeur l'image alternative donnée par cette partie du spectre électromagnétique et de regarder le territoire d'une manière autre que par la vision classique de l'œil humain.

Etat de l'art des recherches géographiques sur Khorgos et données utilisées

- 9 La région de Khorgos a fait l'objet de nombreuses recherches en géographie depuis sa mise en valeur dans le projet chinois BRI. Un premier travail mobilisant la télédétection avait déjà été réalisé par l'auteure en 2018 autour de la création d'une classification non supervisée avec une analyse diachronique sur quatre dates clés de l'évolution de l'espace frontalier (Damiani, Bachelet, 2018). Un second travail en télédétection géopolitique a été accompli en 2020 sur l'évolution des lumières de nuit sur différents secteurs de la frontière chinoise, dont Khorgos (Bennett, 2020). D'autres travaux sur l'évolution territoriale et sur le rôle stratégique de Khorgos dans la BRI ont été publiés ces dernières années ; certains de ces travaux ont utilisé des images satellitaires en compositions colorées « vraies couleurs » (bandes rouge, vert, bleu), résultat des plateformes de cartographie ou d'imagerie satellitaire en ligne comme Google Earth (Grant, 2020 ; Hiliquin, 2023). L'emploi du radar pour l'analyse de l'élévation de tout le district frontalier de Panfilov, du côté kazakhstanaï de la frontière, a été réalisé pour un travail sur l'impact de l'ouverture frontalière sur le secteur agricole (Alff, Konysbayev, Salmyrzauly, 2023).
- 10 L'image 4, exemple de composition « vraies couleurs », nous offre une image de départ à grande échelle, du territoire de Khorgos, avec les toponymes principaux et les lieux, notamment du côté kazakhstanaï, auxquels ce travail fera référence et qui seront donc analysés plus tard⁴. Les données de l'image 4 proviennent du satellite Sentinel 2A (bandes 4, 3, 2 avec 10 mètres de résolution spatiale), du programme européen Copernicus, passé sur Khorgos le 31 juillet 2023 à 786 km de distance.
- 11 Sentinel 2A a été lancé en 2015 et le programme Copernicus représente la meilleure alternative d'observation de la terre, à des fins scientifiques, et en source ouverte, au programme américain Landsat débuté en 1972. La rivalité entre l'ESA et la NASA sur la production de données géospatiales pour l'observation des sols, en libre accès, se poursuit aujourd'hui avec Sentinel 2A et 2B (lancé en 2017) et Landsat 9, lancé en 2021. Malgré l'antagonisme, les deux programmes demeurent plutôt complémentaires, car si Copernicus nous fournit une meilleure résolution spatiale⁵ (10 mètres pour le visible et le proche infrarouge), Landsat nous fournit une meilleure résolution spectrale⁶ avec l'acquisition d'images panchromatiques et infrarouges thermiques, ainsi que la possibilité de réaliser des analyses diachroniques à travers des séries temporelles plus amples, Landsat ayant débuté il y a 50 ans (Mandanici, Bitelli, 2016).
- 12 Afin d'enrichir les réflexions déjà existantes sur le développement du territoire de Khorgos, ce travail tachera donc de se concentrer sur l'apport du rayonnement infrarouge à la compréhension de la région à travers la mise en évidence de certains éléments du territoire particulièrement sensibles aux ondes infrarouges (image 5). Le spectre infrarouge concerné sera la partie comprise entre 845 nm et 12 500 nm, exception faite pour la fourchette 2 500 – 10 300 nm, notamment les Medium Wave

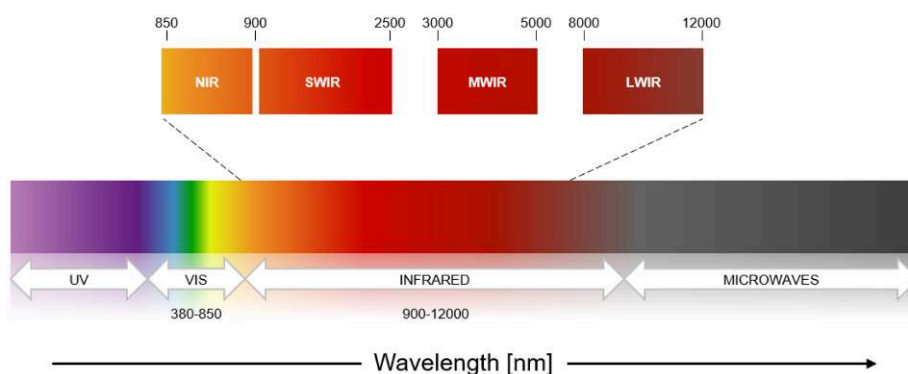
InfraRed (MWIR) qui ne sont pas incluses dans l'imagerie optique Copernicus et Landsat utilisée dans ce travail.

Image 4. Composition vraies couleurs de Khorgos



Source : Sentinel 2A, 31 juillet 2023, programme Copernicus. Réalisation de l'auteur.

Image 5. Les infrarouges dans le spectre électromagnétique



Source : <https://sunex.com>

Khorgos vu par les infrarouges

Composition fausses couleurs infrarouge

- 13 L'utilisation des infrarouges pour l'observation de la terre la plus courante est certainement la composition colorée en fausses couleurs infrarouge (image 6). Cette composition permet la superposition de bandes « proche infrarouge » (PIR ou NIR, acronymes français et anglais)⁷, rouge et vert. Les ondes les plus courtes de la partie

visible du spectre électromagnétique, c'est-à-dire les couleurs bleue et violette, normalement utilisées dans les compositions colorées « vraies couleurs », sont donc remplacées par les ondes infrarouges plus courtes. Les trois couleurs primaires utilisées pour l'assemblage de l'image seront donc représentées ainsi : le rouge avec le PIR, le vert avec la bande du rouge et le bleu avec la bande verte. Les PIR sont les premiers infrarouges à être assimilés au spectre du visible pour l'observation de la terre ; cette méthodologie a été utilisée pour la première fois en 1969 avec le capteur S065 du satellite américain Apollo 9 qui a photographié le désert de l'Arizona (Schowengerdt, Slater, 1972 ; Verger, 1997).

Les données pour la réalisation de l'image 6 proviennent également du satellite Sentinel 2A du 31 juillet 2023. Les bandes utilisées sont donc 8A, 4 et 3⁸.

14 Grâce au logiciel QGIS, l'auteure a procédé à la fusion des différentes images par bandes spectrales et à la création d'un raster virtuel, qui a permis d'assembler les trois bandes. La résolution spatiale des bandes 4 et 3 est de 10 mètres, celle de la bande 8A est de 20 mètres ; la meilleure résolution spatiale au sol sera donc 10 mètres. La caractéristique principale de cette composition est la mise en évidence de la réflectance⁹ des proches infrarouges. Les PIR permettent d'isoler trois grands groupes d'éléments territoriaux selon leur réflectance :

- La végétation qui reflète beaucoup aux PIR, selon l'espèce ou l'état de santé ou de développement de la plante et qui aura différentes tonalités du rouge dans cette composition ;
- Les éléments minéraux naturels ou d'origine anthropique, comme le bâti, qui reflètent moyennement et seront représentés avec des tonalité du bleu/cyan ;
- Les éléments hydriques qui absorbent complètement la lumière et seront représentés en noir ou bleu très foncé, selon le degré de profondeur, d'humidité du sol ou de pureté de l'eau.

Cette grille de lecture permet l'interprétation des images 6 et 8.

Image 6 : Composition fausses couleurs infrarouge de Khorgos



Source : Sentinel 2A, 31 juillet 2023, programme Copernicus. Réalisation de l'auteur.

- 15 Une végétation de juillet, riche et en pleine floraison, s'agissant principalement de maïs du côté kazakhstanais et de plusieurs céréales et légumes du côté chinois, est bien visible aux alentours des espaces urbains. Cependant, la présence d'éléments végétaux avec des tonalités de rouge ne signifie pas forcément un développement agricole, car du côté kazakhstanais, la végétation spontanée typique du paysage steppique est très répandue, par exemple au sud de la frontière ou entre les villes de Khorgos et Pidzhim (images 7a et 7b). Un critère plus fiable dans la différenciation de la végétation anthropisée et spontanée, sur cette image, pourrait être la morphologie des parcelles, des formes géométriques plus nettes nous indiquent la présence d'activités agricoles.

Image 7a. Paysage entre Khorgos et Pdzhim, coté kazakhstanais



Photographie de l'auteure, 2022

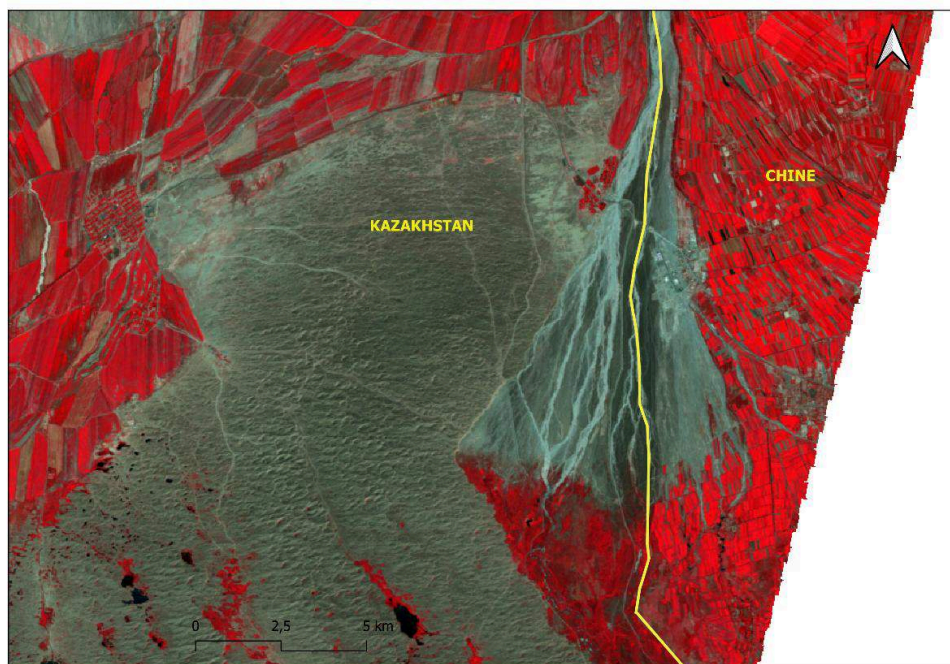
Image 7b. Paysage entre Khorgos et Pdzhim, coté kazakhstanais



Photographie de l'auteure, 2022

- 16 Au sujet de l'évolution des parcelles agricoles, il serait pertinent de faire une comparaison avec une composition fausses couleurs de Khorgos dans le passé. Malgré une résolution spatiale de seulement 30 mètres, avec la composition infrarouge produite par les données du satellite Landsat 5, qui est passé au-dessus de Khorgos le 26 juillet 1994 (image 8), il est possible d'effectuer une analyse diachronique entre les deux territoires non seulement au sujet de l'artificialisation des sols de la zone de frontière, mais également au sujet de l'évolution des espaces agricoles. La région transfrontalière demeure complètement différente. En 1994, tous les espaces urbains sont beaucoup plus réduits. La frontière entre le Kazakhstan fraîchement indépendant et la Chine commence à s'ouvrir, une zone de libre-échange est établie à Jarkent, mais les échanges continuent encore principalement à être réalisés par les particuliers. Par ailleurs, les grandes infrastructures de transports ne sont pas encore présentes, car elles seront mises en place seulement dans les années 2000 (Damiani, Bachelet, 2018). Les PIR nous permettent également de voir l'évolution des politiques agricoles, notamment du côté kazakhstanaï, les parcelles en 1994 étant beaucoup plus grandes que celles de l'image de 2023.

Image 8. Composition fausses couleurs infrarouge de Khorgos



Source : Landsat 5, 26 juillet 1994. Réalisation de l'auteure.

- 17 Les parcelles agricoles du district frontalier de Panfilov de l'image 8 sont beaucoup plus grandes que celles de l'image 6, car elles sont encore gérées par les six fermes collectives, que l'on comptait dans le district jusqu'à la fin des années 1990. À partir des années 1960, le pouvoir soviétique commence à transformer Panfilov en un grand territoire de production de maïs, alimenté par un système de canaux d'irrigation très élaboré. La richesse céréalière du district devait être une vitrine des grandes performances agricoles soviétiques bien visibles pour le voisin chinois (Alff, Konysbayev, Salmyrzauly, 2023). Les grandes réformes foncières et agricoles entreprises par le Kazakhstan indépendant, à partir des années 1990, modifieront

totalemment le paysage agricole. Malgré le fait que la propriété privée sera introduite officiellement seulement avec la réforme du code foncier de 2003 (Damiani, 2023), dès la fin des années 1990 les fermes collectives commencent à être démantelées. Les parcelles sont réparties parmi les familles qui travaillaient dans les fermes, mais cette fragmentation sera très peu propice à la culture du maïs. Les agriculteurs kazakhstanaïse se retrouveront de plus en plus privés d'un soutien économique étatique, et avec une frontière toujours plus ouverte qui permettra l'arrivée en masse de produits chinois en tout genre. Pourtant, cette ouverture ne débouchera pas sur l'exportation en Chine du maïs kazakhstanaïse à des prix plus avantageux pour les producteurs, car les recettes seront systématiquement récupérées par le marché interne et les politiques protectionnistes chinoises limiteront la concurrence de la production kazakhstanaïse (Kvartiuk, Petrick 2021 ; Alff et al., 2023).

- 18 De l'autre côté de la frontière, la grande stratégie de développement de l'Ouest est menée principalement par le Corps de production et construction du Xinjiang (CPCX), organisation gouvernementale paramilitaire, créée dans les années 1950 afin d'aménager et contrôler ces territoires frontaliers. Ces politiques amèneront de nombreux travailleurs/colons Han des provinces orientales chinoises dans le Xinjiang, région autonome longtemps à majorité ouïgoure mêlée à d'autres minorités turciques comme les Kazakhs ou les Kirghizs. Tous les secteurs de production, de l'agriculture à l'industrie, sont gérés par des fermes d'État, six dans le seul district de Khorgos, qui se spécialisent surtout dans les céréales, les fruits, les légumes, l'industrie textile et sucrière, ainsi que dans la production de lavande (Tuerxun, Tashi, 2015).
- 19 Sur les images 6 et 8, le territoire avec des tonalités de marron au centre de la zone frontalière kazakhstanaïse n'est pas steppique, mais désertique sableux (image 9). Cet espace désertique, majoritairement couvert avec des toiles noires afin d'éviter le recouvrement de l'autoroute, est destiné à l'aménagement des éléments logistiques d'acheminement de la marchandise chinoise vers l'ouest, où on retrouve déjà certains éléments en bleu/cyan comme la gare d'Altynkol, le port sec ou l'autoroute (image 4). La présence de nuages dans le nord-ouest de l'image n'impacte pas l'interprétation de la zone d'étude.

Image 9. Territoire désertique sableux dans la majeure partie de la zone frontalière kazakhstanaise, entre la gare d'Altynkol et le port sec



Photographie de l'auteur, 2022.

- 20 Entre le désert et la frontière, la zone fluviale de la rivière Khorgos, à très faible débit, est identifiable via un entonnoir très minéral couleur cyan. Une réduction ultérieure des flux est visible en comparant les images de 1994 et 2023 (Images 10a et 10b).

Image 10a. La rivière Khorgos, très réduite, refléchi de la même manière que les éléments minéraux sur les infrarouges proches



Photographie de l'auteur, 2022.

Image 10b. La rivière Khorgos, très réduite, refléchi de la même manière que les éléments minéraux sur les infrarouges proches



Photographie de l'auteur, 2022.

- 21 Depuis ce désert, le panorama asymétrique dans l'aménagement frontalier de Khorgos est bien visible (Image 11). Les espaces désertiques kazakhstanaï, au premier plan, laissent au fur et à mesure place à l'étalement urbain chinois à l'arrière-plan.

Image 11. La Khorgos désertique kazakhstanaïse, au premier plan, et la Khorgos urbaine chinoise, au second plan



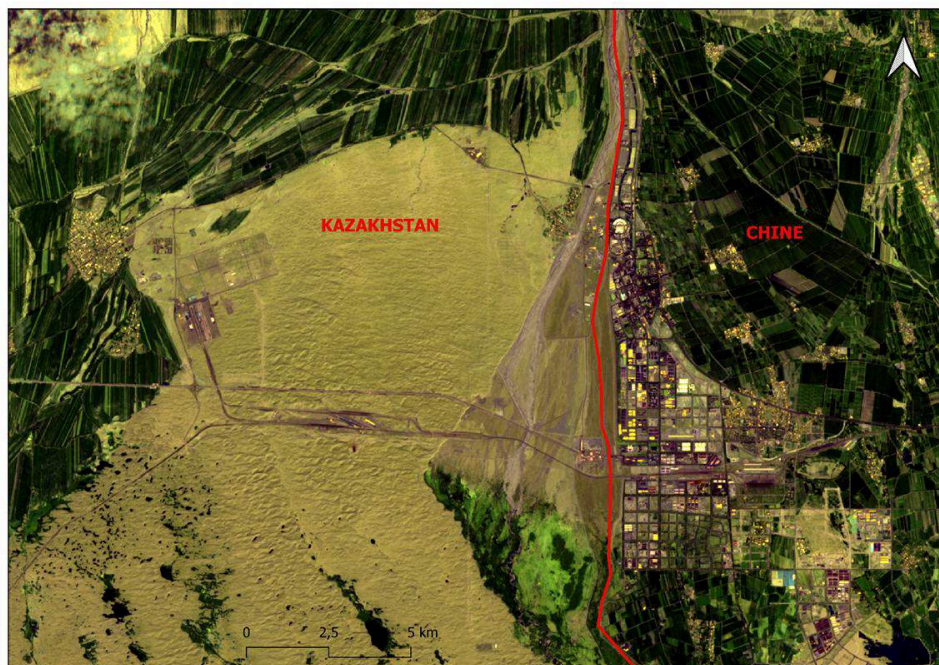
Photographie de l'auteure, 2022.

Composition fausses couleurs urbain

- 22 Cette composition colorée utilise les bandes spectrales du rouge et des infrarouges courts (SWIR)¹⁰. Les données utilisées sont toujours celles de Sentinel 2A du 31 juillet 2023, donc les bandes spectrales traitées sont la 12 et la 11 pour les SWIR et la 4 pour le rouge (image 12). Les manipulations réalisées pour la création de cette composition sont les mêmes que pour la composition infrarouge, toujours avec une résolution spatiale de 10 mètres. Cette composition sert à mettre en évidence les zones urbanisées qui seront représentées en violet, gris, blanc, selon les différents matériaux de construction du bâti. Cela nous permet de voir donc surtout l'étalement urbain du côté chinois. La ville nouvelle kazakhstanaïse de Nurkent, entre Pidzhim et le port sec, est bien visible sur cette composition. Construit en 2010, ce village d'un millier d'habitants accueille principalement les travailleurs kazakhstanaï de la frontière. Les projets étatiques sur Nurkent, comme miroir du miracle démographique de la Khorgos chinoise, prévoient une expansion de la ville jusqu'à 100 000 habitants, d'ici à 2030 (image 13a). Les zones végétalisées sont en vert, avec des différences chromatiques plus marquées du côté chinois probablement en raison d'une plus importante variété de cultures. Grâce à l'utilisation des SWIR, cette composition permet de mettre en évidence, dans des tonalités de rouge et de jaune, les points de chaleur (feux de forêt,

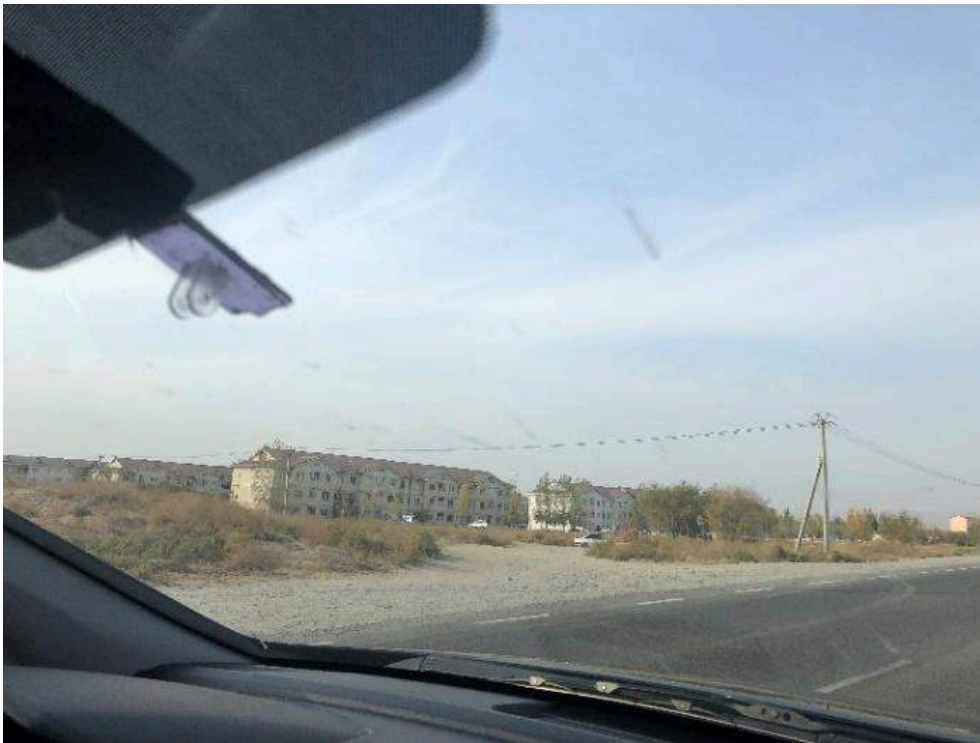
volcans ou, dans le cas de Khorgos, activités humaines ponctuelles). Sur l'image 12, des points de chaleur sont identifiables à l'intérieur des espaces urbains, dans un hangar à la gare Altynkol et surtout dans certains entrepôts du côté chinois, au sud de la frontière, près du poste frontière Nur Joly (image 13b).

Image 12. Composition fausses couleurs urbain de Khorgos



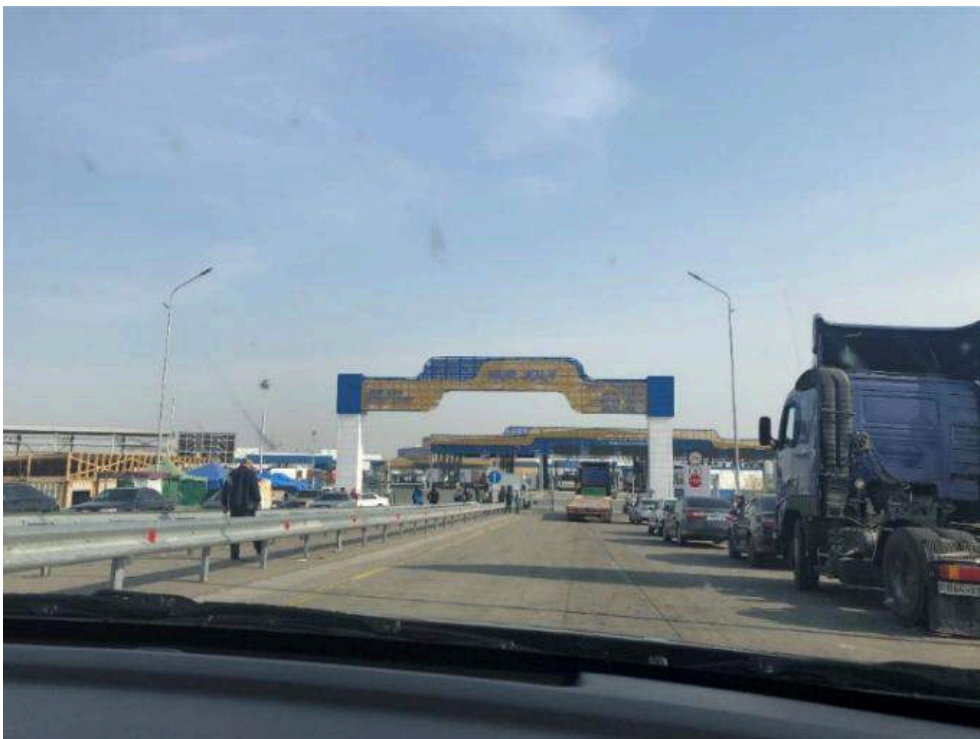
Source : Sentinel 2A du 31 juillet 2023, programme Copernicus. Réalisation de l'auteur.

Image 13a. La nouvelle ville de Nurkent



Photographie de l'auteur, 2022.

Image 13b. Poste-frontière Nur Joly, du côté kazakhstanais



Photographie de l'auteur, 2022.

- 23 Nur Joly (chemin de lumière) est le principal passage routier de la région de Khorgos. Le nom choisi pour ce poste-frontière, inauguré en 2018, rappelle la grande réforme sur le développement des infrastructures lancée par l'ancien président du Kazakhstan Noursoultan Nazarbaïev en 2014. Cette réforme avait comme objectif la modernisation de l'appareil logistique d'un Kazakhstan eurasiatique et multivectoriel, prêt à se désenclaver, se relier au reste de l'Eurasie et s'ouvrir aux nouvelles connexions (Damiani, 2023). Environ six kilomètres avant d'arriver au poste-frontière, du côté kazakhstanais, un péage de 6 500 tenge (environ 13 euros), assez conséquent pour les standards kazakhstanais, est demandé afin d'accéder au *check-point* (image 4). Si on considère que le salaire moyen mensuel au Kazakhstan est de 700 euros, on peut affirmer qu'une barrière économique a été érigée entre le Kazakhstan et la frontière, barrière qui limite donc la possibilité d'effectuer du commerce transfrontalier et de profiter de l'opportunité géoéconomique de l'ouverture de Khorgos, tant célébrée. Lors du passage de l'auteure au *check-point*, en octobre 2022, la voie vers la Chine était caractérisée par une file de camions en attente. Les chauffeurs dans la rue se plaignaient du fait que la frontière était fermée, en revanche des camions arrivaient du côté chinois. De nombreuses voitures garées du côté kazakhstanais attendaient le retour de personnes, à pied, depuis la Chine. L'asymétrie frontalière entre le Kazakhstan et la Chine était encore bien présente du point de vue administratif en 2022. Depuis 2013, une facilitation du transit est mise en place avec un régime sans visa pour les Kazakhstaniens des provinces frontalières, jusqu'à trois jours, permettant ainsi un commerce à la journée. Cependant, les autres citoyens du Kazakhstan avaient toujours besoin d'un visa pour se rendre en Chine, alors que les citoyens chinois pouvaient séjourner au Kazakhstan jusqu'à 14 jours sans visa. Depuis 2023 une solution plus symétrique permet un séjour jusqu'à 30 jours continus, ou 90 jours sur 180, autorisant des activités touristiques et commerciales, pour les Kazakhstaniens en Chine et vice-versa (Damiani, 2023).

Indices NDBI et UI

- 24 Au-delà des compositions colorées, des méthodes plus complexes de télédétection permettent d'identifier l'étalement du bâti sur un territoire. Les deux indices les plus utilisés sont le Normalized Difference Built-up Index (NDBI) et l'Urban Index (UI).

NDBI=

$$\frac{SWIR\ 1 - NIR}{SWIR\ 1 + NIR}$$

UI=

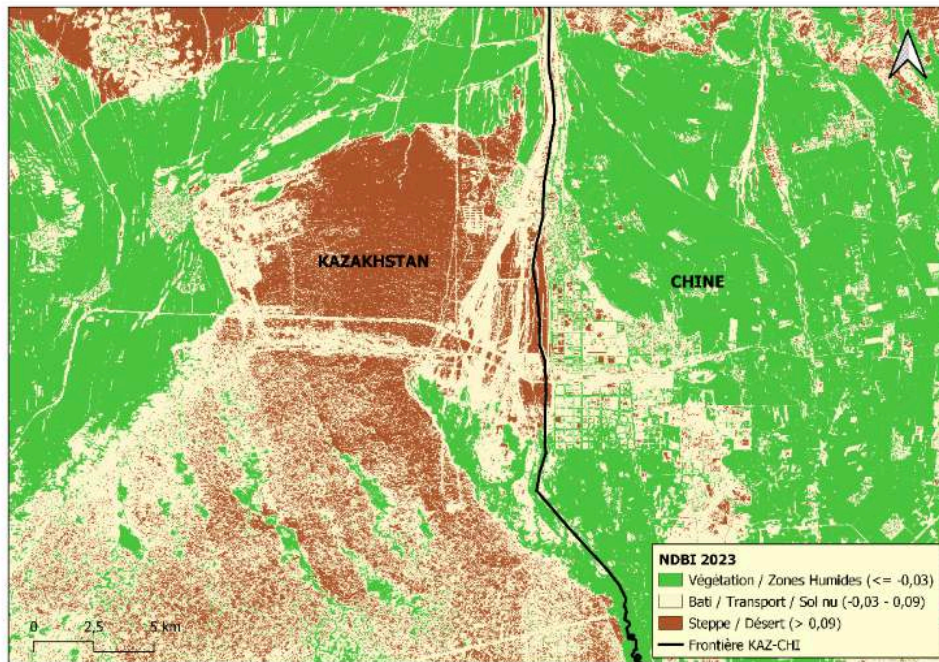
$$\frac{SWIR\ 2 - NIR}{SWIR\ 2 + NIR}$$

- 25 Le NDBI a pour objectif de mettre en relation les proches infrarouge (PIR/NIR) avec les SWIR les plus courts et l'UI les PIR avec les SWIR plus longs. L'intérêt principal de ces deux indices est de mettre en évidence l'étalement du bâti et les éléments minéraux anthropisés et faire une classification du sol simplifiée de la zone de Khorgos. Les données utilisées pour l'application de ces deux indices au territoire de Khorgos (image

14a et 14b) proviennent également du satellite Sentinel 2A du 31 juillet 2023. Les bandes 11 et 8 pour le NDBI et 12 et 8 pour l'UI ont été traitées avec une calculatrice raster, la résolution spatiale finale est de 10 mètres. L'interpolation discrète des données nous permet d'avoir un résultat plus clair et la discrétisation selon les quantiles en trois classes nous permet de simplifier la donnée en isolant les éléments minéraux : le bâti, les transports, le lit de la rivière et le sol nu¹¹ des éléments végétaux et des paysages naturels non anthropisés (désert et steppe). Les résultats sont très similaires, cependant le NDBI nous propose une mise en évidence plus nette de la classe centrale sur les espaces artificialisés et le sol nu. L'UI, en revanche, semble plus sensible aux différences de réflectance parmi les terrains non artificialisés ; entre ceux qui présentent encore une petite végétation spontanée (steppe ou désert) et ceux qui ont été dévégétalisés pour la construction (sol nu). Les parcelles de sol nu sont assez fréquentes dans la zone urbaine chinoise vers le poste-frontière Nur Joly.

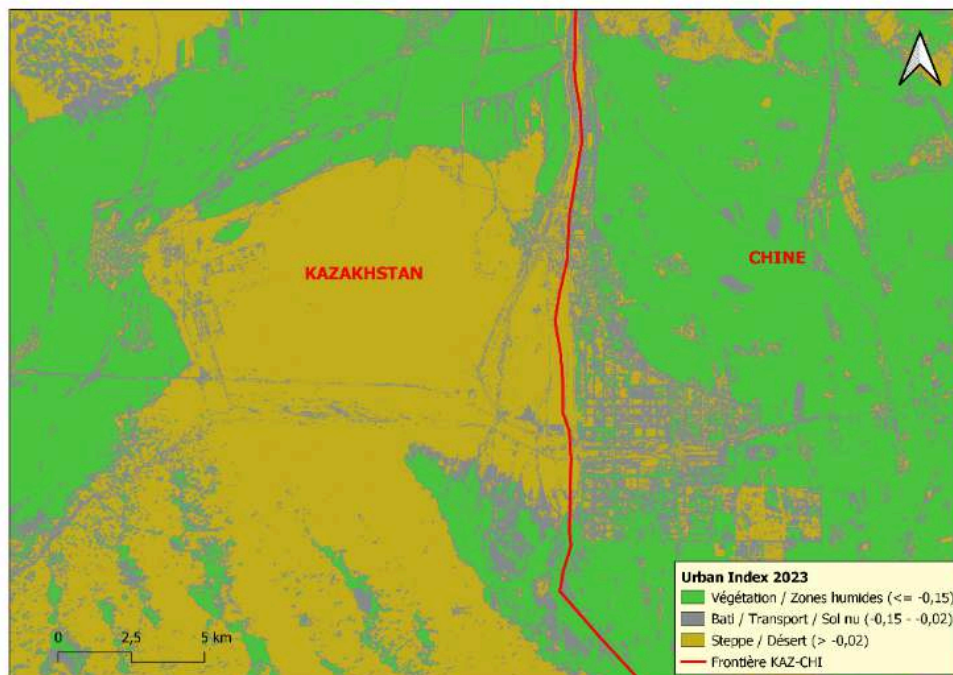
- 26 Une autre barrière interne entre le Kazakhstan et la frontière, un poste-frontière administratif invisible aux infrarouges, est présent au nord des bureaux douaniers kazakhstanaïses de l'ICBC, à trois kilomètres de la ville de Khorgos et à quatre kilomètres de la frontière avec la Chine (images 4 et 15). Ce poste-frontière limite l'accès à la ville kazakhstanaïse de Khorgos, pour les étrangers et pour les Kazakhstanaïses, n'ouvrant cet accès qu'à ceux qui possèdent une autorisation spéciale « commerce ». Cette matérialisation frontalière, à l'intérieur du territoire kazakhstanaïse, est perçue par les locaux comme une « imposition des lois des Chinois » au Kazakhstan. Le récit anti-chinois est très mobilisé dans le sud-est du Kazakhstan, les Kazakhstanaïses reprochant aux Chinois d'occuper désormais les espaces urbains, mais aussi agraires, à travers l'installation de nombreux commerces de détail de produits pour l'agriculture¹². Malgré la suppression des autorisations spéciales pour l'accès aux nombreux sites frontaliers pour les étrangers, avec la résolution N. 600 de juillet 2015, modifiée en 2017 et 2021 (registre législatif numérique du Kazakhstan), la ville de Khorgos reste encore un territoire sensible, non accessible pour l'auteure, étrangère, mais également pour des citoyens kazakhstanaïses sans autorisation spéciale¹³. Dans cette perspective, il est possible, de manière critique, de considérer que la ville de Khorgos est devenue une sorte d'espace public, privatisé par le dispositif frontalier, qui n'est accessible qu'aux visiteurs contribuant à la machine commerciale de la BRI.

Image 14a. NDBI



Source : Sentinel 2A du 31 juillet 2023, programme Copernicus. Réalisation de l'auteur.

Image 14b. UI du territoire de Khorgos, 2023



Source : Sentinel 2A du 31 juillet 2023, programme Copernicus. Réalisation de l'auteur.

Image 15. La barrière frontalière d'accès à la ville de Khorgos, coté kazakhstanais

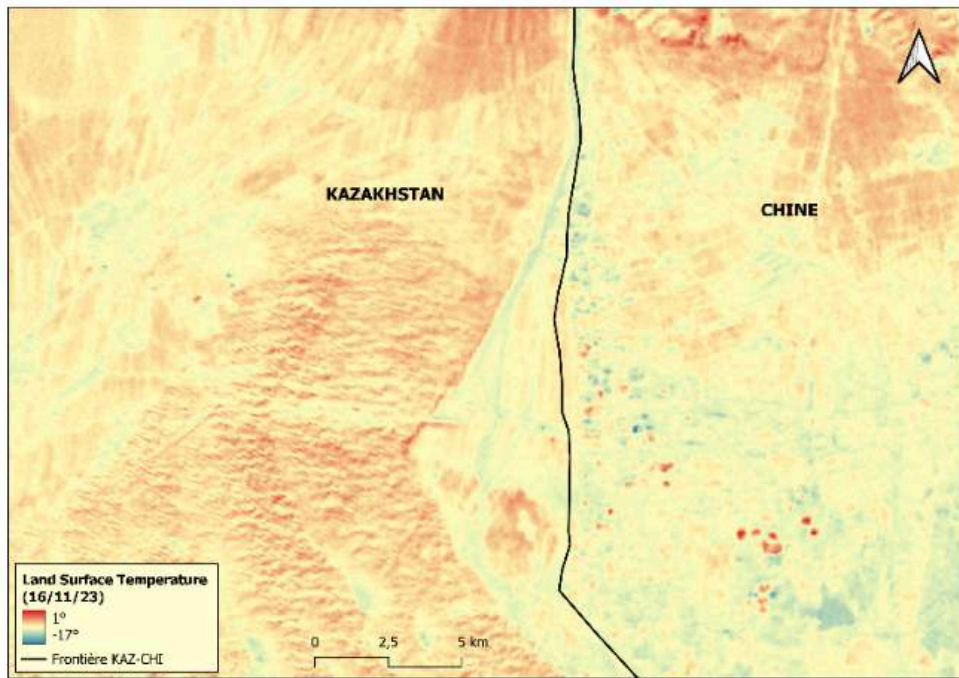


Cette frontière interne au pays est à 3 km de la ville et à 4 km de la frontière avec la Chine.
Photographie de l'auteur, 2022.

Land Surface Temperature (LST)

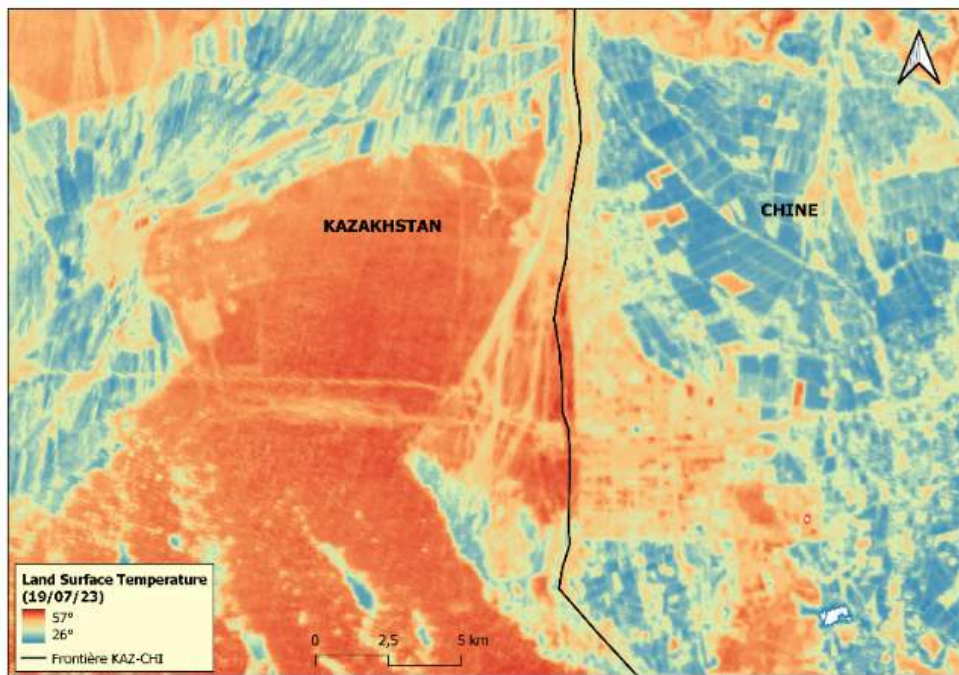
- 27 Une dernière analyse du territoire de Khorgos avec les infrarouges s'appuiera sur le calcul des températures avec une des plus importantes variables climatiques, *Land Surface Temperature* (LST). Les bandes nécessaires pour calculer cette variable sont le rouge, les proches infrarouge (NIR) et les infrarouges thermiques (appelés aussi Long wave infrared - LWIR)¹⁴. Le programme Copernicus n'a pas encore mis en activité un satellite disposant d'un capteur infrarouge thermique, les données utilisées pour le LST seront donc celles en provenance des satellites Landsat 8 (30 juillet 2013) et 9 (19 juillet et 16 novembre 2023) du programme américain Landsat. Les bandes utilisées sont les 4, 5, 10 et 11 pour les deux satellites, avec une résolution spatiale de 30 mètres. Le calcul du LST a été réalisé avec le plugin QGIS SPT qui utilise l'algorithme split-Window Algorithm (SWA), méthode la plus utilisée pour le calcul du LST qui profite de la différence d'absorption atmosphérique entre les deux infrarouges thermiques (Wang et al., 2019). Une interpolation linéaire des données, associée à une discrétisation selon les quantiles, avec cinq classes de températures sur deux saisons et deux années à 10 ans d'intervalle, nous permettent d'avoir une analyse thermique assez complète du territoire de Khorgos (images 16a, 16b, 16c)

Image 16a. Land Surface Temperature (LST), novembre 2023



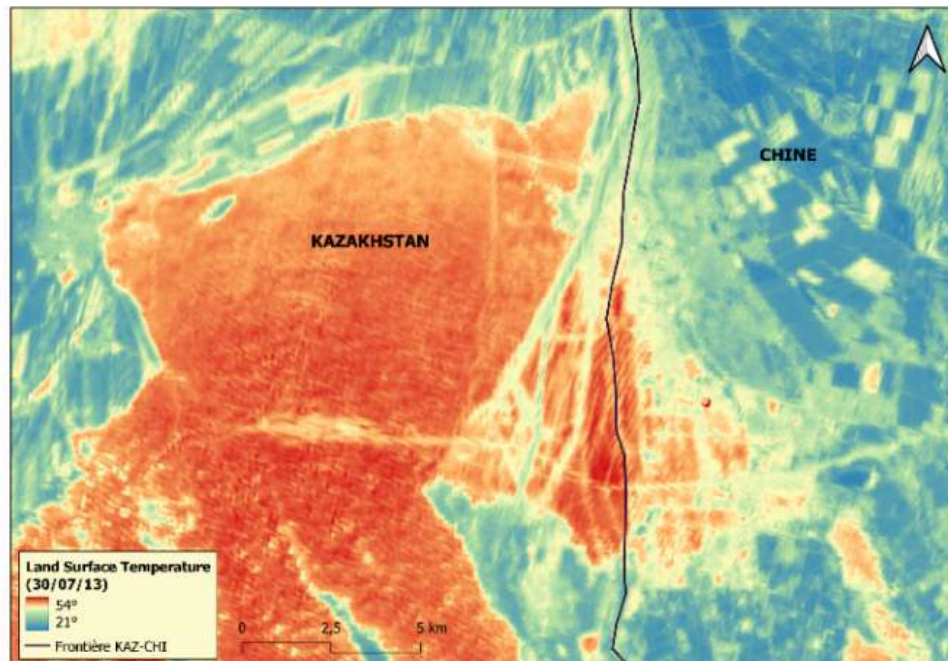
Source : Landsat 9 (2023). Réalisation de l'auteur.

Image 16b. LST, juillet 2023



Source : Landsat 9 (2023). Réalisation de l'auteur.

Image 16c. LST, juillet 2013



Source : Landsat 8 (2013). Réalisation de l'auteur.

- 28 Le climat continental sec typique de cette partie de l'Asie centrale permet aux températures maximales de monter au-delà des 50 degrés l'été et de baisser jusqu'aux alentours - 20 degrés en hiver. La zone steppique et désertique non encore aménagée du côté kazakhstanais est l'espace le plus chaud de la région en hiver comme en été. Certaines sources ponctuelles de chaleur, très probablement de nature artificielle, se remarquent du côté chinois en hiver. L'asymétrie dans l'aménagement frontalier entre le Kazakhstan et la Chine amène également à une asymétrie thermique, car en hiver comme en été le côté kazakhstanais est nettement plus chaud que le côté chinois, le bâti étant une source de chaleur moins importante que le désert du côté kazakhstanais. La donnée certainement la plus remarquable de cette analyse des températures de la région est la comparaison temporelle entre l'été 2013 et l'été 2023. Dix ans de modifications et d'artificialisation de l'espace frontalier, à la suite de la mise en place des Nouvelles routes de la soie à partir de septembre 2013, ont engendré non seulement une augmentation générale des températures du côté chinois à la suite de l'étalement du bâti mais aussi l'augmentation en général de trois degrés des températures maximales et de cinq degrés des minimales. Une diminution du débit de la rivière Khorgos est également remarquable en comparant les LST de juillet 2013 et de juillet 2023. Malgré les engagements chinois vers une décarbonation et des projets plus durables au niveau environnemental, la BRI représente aujourd'hui environ 28 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone¹⁵.
- 29 Des changements hydrologiques et écologiques sont observés dans toute la région, ainsi qu'autour du bassin versant du fleuve Ili, fleuve transfrontalier, la plus importante ressource hydrique de la région, bien visible au sud de Khorgos dans l'image 2b. La fertilité des terres autour de l'Ili a toujours attiré les communautés humaines depuis des siècles. Cependant, les grands changements actuels dans l'exploitation des terres, (à travers l'augmentation des zones arables et la diminution des prairies), et la

surexploitation anthropique ont amené à une dégradation des sols par salinisation (Tuerxun, Tashi, 2015).

- 30 La dégradation environnementale de la région passe aussi par la diminution des débits des fleuves transfrontaliers, enjeu de longue date entre la Chine et le Kazakhstan soviétique ou indépendant, qui, à de nombreuses reprises, s'est superposé à l'enjeu frontalier, comme dans le cas des conflits autour des rivières Saryshilde non loin de la porte de Dzoungarie ou Chogan-Obo, plus au nord (Pietkiewicz, 2017). La question hydrique était déjà au centre du débat frontalier dès l'époque tsariste, les empires Russe et Chinois ayant signé le traité de l'Ili en 1881, lequel redonnait à la Chine la partie orientale du bassin de l'Ili et établissait la frontière au niveau de la rivière Khorgos, comme aujourd'hui. Cependant, les rivalités hydro-frontalières entre la Chine et le Kazakhstan continuent encore de nos jours, Astana reprochant à Beijing de construire plusieurs ouvrages hydrauliques en amont des fleuves en augmentant ainsi les prélèvements d'eau notamment du fleuve Ili – qui fournit 80 % de l'eau du lac Balkhach au Kazakhstan – et d'autres importants fleuves transfrontaliers comme l'Irtysh. Entre le Kazakhstan et la Chine il y a en tout 23 fleuves transfrontaliers. Malgré les accords sur la gestion du débit de l'Ili, en 2001 et 2010, durant les 20 dernières années, le fleuve est passé de 17,8 à 12,7 km³ par an en provoquant une véritable crise environnementale avec une menace de disparition pour le lac Balkhach (Tuerxun, Tashi, 2015 ; CAA Network, 2020).
- 31 En ce qui concerne la rivière de Khorgos, des accords transfrontaliers pour le partage des eaux ont permis la construction à partir de 2013 d'un complexe hydroélectrique et d'un réservoir au nord de l'ICBC, afin d'avoir une répartition plus égalitaire de la ressource hydrique indispensable pour le secteur agricole des deux pays. Un barrage sera également envisagé pour assurer la sécurité des aménagements transfrontaliers par rapport aux risques d'inondation assez élevés dans ce secteur de la rivière (AstanaTimes, 2018). Cependant, le Kazakhstan reproche à la RPC de ne pas respecter les accords et demande la création d'un nouveau réservoir sur la rivière, plus au nord, du côté kazakhstanaise (Alff et al., 2023 ; Zhang, Hu, Williams, 2023).

Conclusion

- 32 Cette étude sur la région frontalière de Khorgos, fondée sur l'imagerie infrarouge, a permis de voir ce territoire différemment et d'apporter des nouveaux éléments pour la compréhension de cet espace aux nombreux visages et en évolution continue. Ce travail s'est appuyé sur différentes parties du spectre infrarouge, des proches infrarouges aux infrarouges thermiques, afin d'éclaircir certains éléments physiques et paysagers, et mieux comprendre le développement local, car la frontière est un objet géopolitique, mais avant tout un espace géographique.
- 33 La frontière à Khorgos était fermée, mais cette fermeture n'avait pas généré des modifications majeures sur le territoire, avant les démarches d'ouverture de la Chine vers l'ouest. Aujourd'hui, ce territoire est devenu un haut lieu d'échange, peut-être plus symbolique que réel, et cette représentation a augmenté la visibilité de la frontière. Khorgos existe-t-elle aujourd'hui surtout pour qu'elle soit vue, pour que soit appréciée à travers elle la grandeur des stratégies géopolitiques et géoéconomiques chinoises ?

- 34 Les asymétries et les inégalités territoriales émergent de plus en plus de cette politique commerciale transfrontalière à sens unique, où la RPC est l'unique acteur actif. Toute la contradiction de la rhétorique sur le développement partagé de la BRI est visible dans l'exemple agricole, où les producteurs kazakhstaniens frontaliers sont limités dans leurs exportations vers la Chine qui impose des réglementations strictes en matière d'importation. Ces limitations profitent aux institutions kazakhstaniennes qui n'achètent pas à des prix plus élevés et à celles chinoises qui peuvent appliquer des mesures protectionnistes sur leur production céréalière, sans créer de la concurrence. Khorgos apparaît donc uniquement comme un vecteur de sortie de la marchandise chinoise.
- 35 Cette nouvelle visibilité de la frontière a également mené à une fragmentation du territoire kazakhstaniens à travers une privatisation de l'espace exercée par la mise en place de différentes barrières internes, économiques et administratives. L'accès au poste-frontière Nur Joly est associé au péage d'un droit de douane. De surcroît, l'entrée dans la ville de Khorgos semble l'unique apanage de ceux qui participent activement à l'entretien du dispositif commercial transfrontalier.

BIBLIOGRAPHIE

- Agnew J., Gillespie T., Gonzalez J., Min B., (2008), *Baghdad Nights: Evaluating the US Military 'Surge' Using Nighttime Light Signatures*, UCLA On-Line Working Paper Series.
- Alff H., Konysbayev T., Salmyrzauly R. (2023) *Old stereotypes and new openness: discourses and practices of trans-border re- and disconnection in south-eastern Kazakhstan's agricultural sector*, Eurasian Geography and Economics, 64:7-8, 896-918, DOI: <https://doi.org/10.1080/15387216.2023.2169184>
- Amilhat Szary A-L., (2012), *Que montrent les murs ? Des frontières contemporaines de plus en plus visibles*, Etudes Internationales (U. de Laval, Québec), 2012, 43 (1), pp.67-87. ffhalshs-00809322f
- Amilhat Szary A-L., (2015), *Qu'est-ce qu'une frontière aujourd'hui ?*, PUF, Paris.
- Amilhat Szary A-L., (2016), *Les frontières, lieu/locus d'une post-politique des images ?*, Les Carnets du BAL, 2016, 7, pp.62-81.
- Amilhat Szary A-L., (2020), *Géopolitique des frontières*, Le cavalier bleu, Paris.
- Bennett M. M., (2020), *Is a pixel worth 1000 words? Critical remote sensing and China's Belt and Road Initiative*, Political Geography, Volume 78, 102127. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2019.102127>.
- Bennett, M.M., Faxon, H.O. (2021), *Uneven Frontiers: Exposing the Geopolitics of Myanmar's Borderlands with Critical Remote Sensing*, Remote Sensing, 2021, 13, 1158. <https://doi.org/10.3390/rs13061158>
- Bornicchia F. (1996), *Télé-détection satellitaire et suivi des phénomènes d'urbanisation transfrontalière dans le bassin genevois. Elaboration d'une méthode d'analyse diachronique*, Le Globe. Revue genevoise de géographie, tome 136. Frontières et territoire. pp. 41-64; doi : <https://doi.org/10.3406/globe.1996.1358>

- Brown W., (2009), *Murs. Les murs de séparation et le déclin de la souveraineté étatique*, Les prairies ordinaires, Paris.
- Damiani I., Bachelet V., (2018), *Représentations géopolitiques sur la Route de la Soie, une étude à l'aide de l'analyse cartographique et du traitement d'images satellites*, L'Espace Politique [En ligne], 34 | 2018-1, DOI: <https://doi.org/10.4000/espacepolitique.4663>
- Damiani I., (2023), *Le Kazakhstan face aux enjeux des Nouvelles routes de la soie: Entre représentations identitaires et présence chinoise*, Hommes & Migrations, 1343, 43-51. <https://doi.org/10.4000/hommesmigrations.16254>
- De Juan A., (2005), *Long-term environmental change and geographical patterns of violence in Darfur, 2003-2005*, Political Geography, Volume 45, Pages 22-33, ISSN 0962-6298.
- Do Q. T., Shapiro J. N., Elvidge C. D., Abdel-Jelil M., Ahn D. P., Baugh K., Hansen-Lewis J., Zhizhin M., Bazilian M. D. (2018), *Terrorism, geopolitics, and oil security: Using remote sensing to estimate oil production of the Islamic State*, Energy research & social science, 44, 411-418. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.03.013>
- Elvidge C. D., Baugh K. E., Kihn E. A., Kroehl H. W., Davis E. R., Davis C. W. (1997), Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption, International Journal of Remote Sensing, 18:6, 1373-1379, DOI: <https://doi.org/10.1080/014311697218485>
- Ganivet E., (2015), *Esthétique du mur géopolitique*, PUQ, Québec.
- Gillespie T., Agnew J., Mariano E., Mossler S., Jones N., Braughton M., Gonzalez J. (2009), *Finding Osama Bin Laden: An Application of Biogeographic Theories and Satellite Imagery*, California Center for Population Research On-Line Working Paper Series.
- Gillespie T., Laygo K., Rayo N., Garcia E., (2012), *Drone Bombings in the Federally Administered Tribal Areas: Public Remote Sensing Applications for Security Monitoring*, California Center for Population Research On-Line Working Paper Series.
- Gómez H., Linares Gómez R., Bradshaw R. (2000). *El paisaje fronterizo: una visión satelital. Caso San Antonio del Táchira (Venezuela) - Cúcuta (Colombia)*, Aldea Mundo, 4(8),5-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54300802>
- Gómez R. H., Linares R. (2006), *SIG: un arma para la frontera*, Aldea Mundo, 11(20),73-86. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54302009>
- Grant A. (2020), *Crossing Khorgos: Soft power, security, and suspect loyalties at the Sino-Kazakh boundary*, Political Geography, Volume 76, 102070, ISSN 0962-6298.
- Hiliquin M., (2023), *Proximité et frontière : vivre le « rêve chinois » à Khorgos, 0 | 2023 – Ma Proximité, GéoProximitéS*, URL : <https://quamoter.hypotheses.org/3166>
- Islamjanova, A., Iddrisu, I., Suy, R., Bekbauova, D., & Suleiman, A. S. (2017). The impact of silk road economic belt on economic development of the Republic of Kazakhstan: The Case of Khorgos City. Journal of Social Science Studies, 4(2), 177-192.
- Kvartiuk V. Petrick M., 2021, *Liberal land reform in Kazakhstan? The effect on land rental and credit markets*, World Development N. 138.
- Kuenzer C., Dech S., Wagner W. (dir.), 2015, *Remote Sensing Time Series. Revealing Land Surface Dynamics*, Springer, New York.
- La Mela V., (2021), *Khorgos The making of an equal twin on the Sino-Kazakh border*, in Mikhailova E., Garrard J., (dir.), 2021, *Twin Cities across Five Continents*, Routledge, London.

- Mandanici E., Bitelli G., (2016). *Preliminary Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 Imagery for a Combined Use*, Remote Sensing 8, no. 12: 1014. <https://doi.org/10.3390/rs8121014>
- Ó Tuathail G. (1996), *Critical geopolitics*, Routledge, Londres.
- Pietkiewicz M., (2017), *Borders of the Central Asian countries under the international law*, Nowa Polityka Wschodnia, N. 4 (15). ISSN 2084-3291.
- Qin Z., Li W., Burgheimer J., Karnieli A., *Quantitative estimation of land cover structure in an arid region across the Israel-Egypt border using remote sensing data*, Journal of Arid Environments, Volume 66, Issue 2, Pages 336-352. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.11.003>.
- Rosière S. (2020), *Frontières de fer. Le cloisonnement du monde*, Syllepse, Paris.
- Schowengerdt R. A., Slater P. N., (1972), *Final postflight calibration report on Apollo 9 multiband photography experiment SO65*, Optical Sciences Center, University of Arizona.
- Tuerxun Y., Tashi Y., (2015), *L'impact de la pression démographique sur la rivière Ili (Xinjiang)*, Cahiers d'Asie centrale [En ligne], 25 | 2015. URL : <http://asiecentrale.revues.org/3151>.
- Vallet E. (2018), *Borders, Fences and Walls*, Routledge, London.
- Verger F. (dir), (1997), *Atlas de géographie de l'espace*, Belin, Paris.
- Verger F. (2010). *Les débuts de la télédétection spatiale dans la géographie française : témoignage d'un pionnier*, L'Information géographique, 74, 45-52. <https://doi.org/10.3917/lig.742.0045>
- Wang M., He G., Zhang Z., Wang G., Wang Z., Yin R., Cui S., Wu Z., Cao X., (2019), *A radiance-based split-window algorithm for land surface temperature retrieval: Theory and application to MODIS data*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 76, Pages 204-217, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.11.015>.
- Zhao B., Zhang S., Xu C., Sun Y., Deng C. (2021) *Deep fake geography? When geospatial data encounter Artificial Intelligence*, Cartography and Geographic Information Science, 48:4, 338-352, DOI: <https://doi.org/10.1080/15230406.2021.1910075>
- Zhang Z., Hu Z., Williams J., (2023) *International rivers as national borders: the functional complexity of border river governance with a case study of the Khorgos river*, Eurasian Geography and Economics, DOI: <https://doi.org/10.1080/15387216.2023.2300070>

Sites consultés

<https://stat.gov.kz>

<https://www.stats.gov.cn>

<https://law.gov.kz>

<https://sentinels.copernicus.eu/>

<https://www.electropedia.org/>

<https://land.copernicus.eu>

<https://sunex.com>

<https://www.rfa.org>

<https://www.caa-network.org/>

<https://astanatimes.com/>

NOTES

1. Les résultats des traitements peuvent être proches malgré les différences entre les terrains.
2. Bataille menée par l'Empire chinois de la dynastie Qing contre le Khanat dzoungar pour la conquête du Xinjiang.
3. Définition officielle de la Commission Électrotechnique Internationale <https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=731-01-05>
4. L'auteur a réalisé un travail de terrain du côté kazakhstanais de la frontière durant l'automne 2022.
5. La résolution spatiale fait référence à l'échelle ou à la taille de la plus petite unité d'une image capable de distinguer des objets.
6. La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à définir des intervalles de longueur d'onde fins. Plus la résolution spectrale est fine, plus la plage de longueurs d'onde est étroite pour un canal ou une bande particulière.
7. Spectre lumineux situé dans la gamme de longueur d'ondes 750 - 900 nm.
8. La bande 8A de Sentinel 2 est une variante plus étroite de la proche infrarouge (8) qui évite la contamination du signal par la vapeur d'eau. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>
9. La réflectance est la proportion de lumière réfléchi par la surface d'un matériau.
10. Spectre lumineux se situant dans la gamme de longueur d'onde 900 - 2.500 nm.
11. Cette catégorie fait référence notamment aux espaces en évolution, comme les chantiers ; des terrains, donc, non encore artificialisés, mais qui ne présentent aucun signe de végétation car prêts à la construction.
12. A propos de la sinophobie au Kazakhstan voir Damiani, 2023.
13. Lors du terrain de l'auteur, des ressortissants kazakhstanais, sans autorisation, n'ont pas pu accéder à la ville de Khorgos.
14. Spectre lumineux se situant dans la gamme de longueur d'onde 8000 - 12.500 nm, la gamme utilisée sera plutôt 10.300 - 12.500 nm.
15. <https://www.rfa.org/english/commentaries/bri-green-10302019173104.html>

RÉSUMÉS

Cette étude sur l'espace frontalier de Khorgos entre le Kazakhstan et la République populaire de Chine aura comme objectif de montrer une nouvelle image des mutations territoriales de cette région, en évolution permanente depuis la progressive ouverture de la Chine vers ses voisins post-soviétiques et notamment depuis l'officialisation des Nouvelles routes de la soie, en 2013. Cette analyse territoriale sera portée notamment par le traitement d'images satellite infrarouge. Des proches infrarouges jusqu'aux infrarouges thermiques, l'utilisation de cette partie du spectre électromagnétique permettra de comprendre de nouveaux éléments sur ce territoire et d'améliorer l'analyse géopolitique, avec des informations normalement non accessibles à l'œil nu.

This study on the Khorgos border area between Kazakhstan and the People's Republic of China will aim to show a new image of territorial developments of this region, in constant evolution since the gradual opening of China towards its post-Soviet neighbors and in particular since the formalization of the Belt and Road Initiative, in 2013. This territorial analysis will be carried out

by infrared satellite image processing. From near-infrared spectroscopy to thermal infrared, the use of this part of the electromagnetic spectrum will understand new elements and improve the geopolitical analysis, with information normally not reachable to the naked eye.

INDEX

Mots-clés : Khorgos, Kazakhstan, frontières, télédétection, infrarouge, Belt and Road Initiative

Keywords : Khorgos, Kazakhstan, borders, remote sensing, infrared, Belt and Road Initiative

AUTEUR

ISABELLA DAMIANI

Géographe, Université Paris-Saclay, UVSQ, LIMEEP-PS (UR 20204/OVSQ)

isabella.damiani@uvsq.fr