



Rapport du secrétaire général

Étude OTAN des incidences du changement climatique sur la sécurité

Troisième édition 2024



Avant-propos

Ces douze derniers mois, l'OTAN a été confrontée à des défis de taille sur le plan de la sécurité. Elle a continué d'adapter sa posture de dissuasion et de défense en réaction à l'agression russe, mais elle a aussi dû faire face aux incidences de l'accélération du changement climatique sur la sécurité. Les années 2023 et 2024 ont été marquées par des épisodes plus fréquents et plus intenses de chaleur extrême, des inondations catastrophiques dans la majeure partie de l'Europe centrale et des Balkans occidentaux, ainsi que des incendies de forêt dévastateurs en Méditerranée et en Amérique du Nord. Face à ces bouleversements, l'OTAN a fait preuve d'une détermination à toute épreuve pour s'assurer que la posture de l'Alliance reste adaptée aux besoins dans un environnement en mutation rapide, tout en réduisant la dépendance des Alliés vis-à-vis des importations de combustibles fossiles russes et en s'adaptant à la transition énergétique, y compris dans l'armée.

Les Alliés ont collectivement reconnu l'interaction croissante entre le changement climatique et les risques traditionnels en matière de sécurité, ainsi que la vitesse à laquelle les défis climatiques font évoluer l'environnement des opérations de l'OTAN et l'ampleur de leurs effets. Nous avons donc fait en sorte de nous adapter à la nouvelle réalité, notamment en approuvant un plan d'action - ambitieux mais réaliste - sur le changement climatique et la sécurité lors du sommet de l'OTAN qui a eu lieu à Bruxelles en 2021. Ce plan d'action définit quatre axes de travail pour la lutte contre la crise climatique : améliorer notre connaissance des incidences du changement climatique sur la sécurité ; adapter nos capacités militaires pour conserver notre efficacité opérationnelle et accroître la résilience de la société pour maintenir notre prospérité ; réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'entreprise OTAN ; et intégrer la problématique du changement climatique dans le travail d'ouverture que nous faisons auprès de notre vaste réseau de partenaires.

La troisième édition de l'étude OTAN des incidences du changement climatique sur la sécurité vise à favoriser une meilleure compréhension des effets du changement climatique sur notre sécurité. Ces effets sont complexes, non linéaires et co-évolutifs. Ils affectent la vie de nos concitoyens et concitoyennes, amoindrissent la résilience des pays, qu'ils soient ou non membres de l'OTAN, et représentent des défis directs et indirects pour l'accomplissement des tâches fondamentales de l'OTAN, y compris la défense de la zone euro-atlantique. Cette étude explore quelques-uns des défis propres à chacun des milieux d'opérations de l'OTAN (terre, mer, air, espace et cyberspace), ainsi que les répercussions croissantes du changement climatique sur nos engagements en matière de résilience et sur l'environnement de sécurité mondial.

Cette étude est l'une des suites données à l'engagement pris par les Alliés dans le concept stratégique 2022 de l'OTAN : que l'OTAN devienne l'organisation internationale de référence s'agissant de comprendre les incidences du changement climatique sur la sécurité et de s'y adapter. Aucune région du monde ni aucun milieu d'opérations ne sera épargné par le changement climatique. L'OTAN demeure résolue dans sa volonté de mieux comprendre les effets du changement climatique sur la sécurité des Alliés, de s'y adapter et de les atténuer. J'espère que cette étude constituera un tremplin pour les prochaines étapes de ce travail essentiel.



Jens Stoltenberg

Secrétaire général de l'OTAN



Table des matières

Avant-propos	2
Résumé	5
Incidences du changement climatique sur l'OTAN	6
Un climat qui change	6
L'évolution de l'environnement de sécurité de l'OTAN	6
Les répercussions du changement climatique sur les adversaires potentiels et les concurrents stratégiques de l'OTAN	8
Installations et moyens militaires de l'OTAN et des Alliés	9
Missions et opérations de l'OTAN	10
Étude de cas : la présence de l'OTAN au Kosovo	10
Résilience et préparation du secteur civil	12
Réponse aux catastrophes	14
Incidences du changement climatique sur cinq milieux d'opérations	15
Milieu d'opérations maritime	15
Étude de cas : opérations sous-marines et lutte anti-sous-marine	15
Étude de cas : Grand Nord / Arctique	17
Milieu d'opérations terrestre	19
Étude de cas : zone de tir et d'entraînement de Rovajärvi (Finlande)	20
Étude de cas : système d'alerte du Nord (NWS)	21
Milieu d'opérations aérien	22
Étude de cas : hélicoptères navals – Voilure tournante	23
Étude de cas : capacité de fret des aéronefs militaires de transport	25
Milieu d'opérations spatial	26
Milieu d'opérations cyber	26
Étude de cas : transition énergétique et désinformation climatique	27
Étude des incidences sur le climat de la guerre de la Russie contre l'Ukraine	28

Résumé

Le changement climatique est un défi majeur de notre époque, qui a un impact profond sur la sécurité des Alliés. Lors du sommet tenu à Bruxelles en 2021, les chefs d'État et de gouvernement des pays de l'OTAN ont entériné un plan d'action sur le changement climatique et la sécurité et ont estimé que l'OTAN devait aspirer à devenir l'organisation de référence s'agissant de comprendre les incidences du changement climatique sur la sécurité et de s'y adapter.

La présente troisième édition de l'étude OTAN des incidences du changement climatique sur la sécurité répond à une demande, qui est de mieux faire connaître auprès des Alliés l'impact du changement climatique sur la sécurité. S'appuyant sur les constats de l'édition 2023, ce rapport décrit les effets de différents risques climatiques sur l'environnement stratégique, les moyens et installations militaires et les missions et opérations de l'OTAN, ainsi que sur sa résilience et la préparation du secteur civil. Il comprend trois études de cas qui montrent les effets du changement climatique sur la présence de l'OTAN au Kosovo, la zone de tir et d'entraînement de Rovajärvi en Finlande et le système d'alerte du Nord, un système radar d'alerte précoce utilisé par le Canada et les États-Unis pour la défense de l'Amérique du Nord. De plus, le rapport rend compte des performances des sous-marins, des hélicoptères navals et des avions de transport militaire dans un contexte de changement climatique. Enfin, il s'intéresse aux répercussions du changement climatique sur les adversaires potentiels et les compétiteurs stratégiques de l'OTAN, et étudie l'impact de la guerre de la Russie contre l'Ukraine sur la sécurité climatique.

Le rapport repose sur les contributions de toute l'entreprise OTAN, notamment des autorités militaires de l'OTAN, du Centre pour la recherche et l'expérimentation maritimes (CMRE) de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO) et du Centre d'excellence sur les changements climatiques et la sécurité (CCASCOE), accrédité par l'OTAN. L'étude des incidences du changement climatique sur la sécurité peut servir à éclairer, dans le cadre d'une approche plus proactive, les décisions que l'Alliance devra prendre à court, moyen et long terme afin d'apporter des réponses adéquates à la crise climatique, ainsi qu'à améliorer la capacité d'adaptation de l'OTAN.

Cette étude vise à compléter d'autres axes de travail, notamment en apportant des éléments d'analyse qui pourraient être utiles pour ce qui suit :

- intégrer de nouveaux scénarios tenant compte du changement climatique dans la planification, la formation et les exercices ;
- prendre des décisions concernant le développement et l'acquisition de capacités qui soient de nature à préserver l'efficacité opérationnelle dans les futurs environnements des opérations ;
- adopter des principes de conception durables pour l'acquisition de plateformes et d'infrastructures militaires ;
- coopérer avec les pays partenaires et les organisations internationales, en fonction des besoins ;
- aider notamment l'Accélérateur d'innovation de défense pour l'Atlantique Nord (DIANA) et le fonds OTAN pour l'innovation (NIF) à cibler leurs investissements et leurs défis ;
- intégrer des considérations relatives à la thématique « femmes, paix et sécurité » (FPS) et à la sécurité humaine dans les chantiers de l'OTAN ayant trait au changement climatique et à la sécurité, y compris la science et technologie ainsi que la formation et les exercices.

Incidences du changement climatique sur l'OTAN

Un climat qui change

Au cours de l'année écoulée, des entités reconnues à l'échelle internationale dont les rapports guident les travaux de l'OTAN sur le changement climatique et la sécurité ont tiré la sonnette d'alarme à propos de deux problématiques : l'ampleur et la vitesse de progression de la crise climatique, ainsi que l'urgence de traiter les causes fondamentales du changement climatique. Par exemple, selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'année 2023 a été la plus chaude jamais enregistrée, avec des températures moyennes à la surface du globe supérieures de 1,45 °C ($\pm 0,12$ °C) par rapport aux niveaux préindustriels¹. Les neuf dernières années (2015-2023) ont été les plus chaudes observées par l'OMM en 174 ans de relevés.

Des constats tout aussi alarmants ont été établis concernant la fonte des glaces dans l'océan Arctique, l'élévation du niveau des océans, la dégradation des sols, la réduction de la disponibilité en eau douce et l'augmentation mondiale du nombre de jours extrêmement chauds. La calotte glaciaire du Groenland perd en moyenne 30 tonnes de glace par heure, soit 20 % de plus que les estimations précédentes. En parallèle, le niveau moyen mondial de la mer s'est élevé d'environ 0,76 centimètre entre 2022 et 2023, selon la NASA. Au total, ce niveau a augmenté de près de 9,4 centimètres depuis 1993. D'après les estimations des Nations Unies en 2022, jusqu'à 40 % des sols mondiaux sont modérément ou gravement dégradés².

L'évolution de l'environnement de sécurité de l'OTAN

En 2023, la Russie a poursuivi sa guerre brutale contre l'Ukraine, avec des conséquences dévastatrices sur le plan humanitaire, social, économique et environnemental. L'instabilité dans le voisinage méridional de l'OTAN a empiré avec le déclenchement du conflit au Moyen-Orient, et les Alliés ont fait face à une concurrence croissante de la part d'États autoritaires tels que la République populaire de Chine (RPC). Dans un même temps, comme le montrera ce rapport, des défis de sécurité non traditionnels comme le changement climatique ont continué d'éprouver la résilience de l'OTAN, avec des effets croissants sur la sécurité et la défense des Alliés aux niveaux stratégique, opérationnel et tactique³.

Pour les pays de l'OTAN, l'impact de la hausse des températures de l'air et des océans a pu être facilement observé lors de phénomènes météorologiques extrêmes, comme les inondations et les incendies de forêt catastrophiques qui ont dévasté de vastes régions d'Europe et d'Amérique du Nord, affecté la vie et les moyens de subsistance de la population et entraîné d'importantes répercussions économiques. Ces événements et d'autres phénomènes météorologiques extrêmes ont mis sous pression les infrastructures militaires et civiles critiques, et ont nécessité des déploiements militaires supplémentaires pour venir en aide aux autorités civiles (voir les exemples ci-dessous).

FAITS ET CHIFFRES :

- En 2022, les catastrophes météorologiques ont conduit au déplacement interne de 32,6 millions de personnes dans le monde, un chiffre supérieur au nombre d'individus déplacés en raison de conflits. En 2023, cependant, les déplacements associés aux catastrophes météorologiques ont diminué d'un tiers par rapport à 2022.
- Entre 60 000 et 70 000 décès en surnombre ont été associés aux vagues de chaleur extrême qui ont touché l'Europe en 2022.
- 10 milliards d'euros de dégâts ont été causés par les inondations soudaines d'août 2023 en Slovaquie, soit environ 16 % du PIB du pays.
- En 2023, 2 214 militaires ont été déployés en réponse aux incendies de forêt au Canada, pour une durée totale de 131 jours. D'après la base de données canadienne sur les évacuations en cas de feux de forêt, 297 ordres d'évacuation ont été émis à l'échelle nationale à la mi-septembre 2023, avec quelque 235 000 personnes évacuées.
- 99 personnes ont perdu la vie et 7 500 ont été évacuées lors des incendies de forêt à Hawaï en août 2023, les plus meurtriers aux États-Unis depuis plus de 100 ans.
- 93 000 hectares ont brûlé entre août et septembre 2023 au nord-est de la Grèce.

À l'avenir, les forces militaires alliées devront s'adapter à des températures plus élevées et à des environnements des opérations de plus en plus complexes, extrêmes et imprévisibles, tout comme elles devront se préparer à une demande accrue de soutien aux autorités civiles en cas de sinistre. Il est fort probable que cette tendance perdure compte tenu de l'augmentation de la fréquence des catastrophes environnementales et de l'incertitude quant à l'ampleur des retombées futures.

En plus d'être confrontées à un environnement physique altéré par le changement climatique, les forces alliées doivent composer avec les conséquences indirectes (de deuxième et troisième ordre) de plus en plus intenses du changement climatique sur la sécurité, que ce soit dans la zone euro-atlantique ou dans le voisinage plus large de l'Alliance. Bien que le lien entre le changement climatique et les conflits armés soit complexe, un

nombre croissant de recherches et d'analyses⁴ faisant autorité démontre que le changement climatique a le potentiel d'accroître l'intensité des conflits, de l'instabilité et de la violence, mais par des voies indirectes⁵. Les conséquences indirectes du changement climatique, telles que l'instabilité induite par le climat, les déplacements de population à grande échelle et les perturbations des chaînes d'approvisionnement mondiales, sont susceptibles d'altérer l'environnement stratégique à moyen et long terme. En outre, les événements climatiques « charnières », tels que des changements abrupts des courants marins ou l'effondrement de systèmes agricoles, pourraient favoriser une augmentation rapide de l'instabilité et des déplacements dans des régions déjà soumises à un stress climatique.

La vulnérabilité climatique présente d'importantes disparités régionales. Le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord et le Sahel se sont révélés des zones particulièrement vulnérables au changement climatique. Les pays du Sahel sont extrêmement vulnérables en raison de conditions climatiques régionales difficiles, d'une forte dépendance vis-à-vis des exploitations agricoles de subsistance et des élevages de bétail, ainsi que d'une capacité d'adaptation limitée. Le concept stratégique 2022 de l'OTAN reconnaît que « les conflits en Afrique et au Moyen-Orient ainsi que la fragilité et l'instabilité de ces régions affectent directement notre sécurité et celle de nos partenaires » (§11). Les incidences régionales du changement climatique se ressentiront également de plus en plus en Indo-Pacifique. Du risque accru de feux de brousse dans des pays tels que l'Australie et la Nouvelle-Zélande, aux phénomènes météorologiques extrêmes, en passant par l'élévation du niveau des océans affectant les nations insulaires, le changement climatique représente déjà une menace majeure pour la sécurité et le bien-être de la population indo-pacifique.

Le changement climatique a également un impact majeur sur l'environnement stratégique et des opérations dans le Grand Nord. L'Arctique circumpolaire continue à se réchauffer près de quatre fois plus vite que la moyenne mondiale, avec de sérieuses conséquences pour l'environnement, les communautés locales, l'accès à la région et sa sécurité⁶.

Le changement climatique exacerbe la concurrence stratégique. D'après l'analyse de prospective stratégique 2023 du Commandement allié Transformation (ACT) de l'OTAN, la raréfaction des ressources et la ruée vers les espaces internationaux devraient s'intensifier et susciter davantage l'instabilité, la concurrence et les conflits, avec des incidences indirectes sur la résilience, la sécurité et les opérations de l'OTAN au niveau régional. Par ailleurs, l'instabilité et les conflits aggravent considérablement les vulnérabilités préexistantes de nombreux groupes différents, plaçant les considérations FPS et de sécurité humaine au premier plan des débats sur la sécurité climatique.

Il s'avère que les adversaires potentiels et les concurrents stratégiques de l'OTAN exploitent les perturbations climatiques qui affectent l'ensemble de l'OTAN. Ce constat est évident lorsque l'on considère la croissance de la désinformation sur le changement climatique et la transition énergétique, qui vise à éroder la pression du public et la volonté politique nécessaire à une action climatique plus ambitieuse. En même temps, les adversaires potentiels et les concurrents stratégiques de l'OTAN ne sont pas immunisés contre les effets du changement climatique. Les conséquences potentielles des variables climatiques sur la stabilité intérieure dans les pays concernés, ainsi que sur leur

prise de décision en matière de politique étrangère et de sécurité, sont des éléments importants dont doivent tenir compte les responsables de la planification de la sécurité et de la défense au sein de l'OTAN.

À l'avenir, l'OTAN devra honorer son engagement envers une posture de dissuasion et de défense renforcée et accomplir ses trois tâches fondamentales dans des environnements des opérations plus difficiles et plus imprévisibles. En plus de gérer les conséquences directes et indirectes du changement climatique, l'OTAN devra s'adapter à la transition énergétique engagée. Cette conjonction de défis confronte les membres de l'Alliance à des dilemmes sans précédent.

Les répercussions du changement climatique sur les adversaires potentiels et les concurrents stratégiques de l'OTAN

Le changement climatique nuira non seulement à la sécurité des Alliés, mais aussi à celle de la Russie et de concurrents stratégiques tels que la République populaire de Chine (RPC). La capacité d'adaptation (ou l'absence de capacité d'adaptation) de la Russie et de la RPC ainsi que les réactions probables face au réchauffement planétaire, y compris sur le plan militaire, sont des éléments importants dont doivent tenir compte les responsables de la planification de la sécurité et de la défense au sein de l'OTAN.

En Russie, les effets du changement climatique sont particulièrement visibles dans les zones agricoles arctiques et méridionales : dégel du pergélisol, inondations plus fréquentes, sécheresses et vagues de chaleur plus longues, et catastrophes naturelles plus nombreuses et plus graves⁷. L'évolution probable du climat de la Russie pourrait exacerber les tensions sociopolitiques et économiques. Par exemple, des conditions environnementales extrêmes pourraient nuire à la santé de la population et à la productivité de la main-d'œuvre, augmenter les migrations et les déplacements, perturber la prestation de services essentiels et détériorer les conditions de vie globales. Ces défis internes peuvent influencer la prise de décision en matière de politique étrangère et de sécurité.

Bien que la Russie reconnaisse que le réchauffement climatique constitue un problème majeur, sa réponse au changement climatique s'est jusqu'à présent limitée à une évaluation minutieuse des coûts et des avantages. Elle s'est concentrée sur l'*adaptation* aux répercussions physiques du changement climatique plutôt que sur l'élaboration de stratégies d'atténuation qui s'attaquent aux causes fondamentales⁸. La sécurité climatique est largement absente de la planification et de la pensée militaires russes, et aucune mesure concrète n'a été prise pour adapter les bases militaires aux effets du changement climatique, sauf en Arctique⁹. Dans cette

région, la Russie s'est adaptée aux conditions froides, sombres et difficiles, et a développé une réelle capacité à soutenir les opérations militaires dans des zones isolées recouvertes par les glaces.

La RPC est menacée par l'élévation du niveau des océans, des phénomènes météorologiques extrêmes, l'intensification des vagues de chaleur et des sécheresses, la désertification (en particulier dans le nord-est du pays) et la fonte des glaces¹⁰. Outre les potentielles conséquences économiques et sociopolitiques à l'échelle du pays, les effets du changement climatique sur la RPC peuvent avoir des répercussions sur le reste du monde. La sécurité alimentaire peut être citée comme exemple. Alors que le changement climatique affecte de plus en plus les systèmes alimentaires mondiaux, certains pays (dont la RPC) s'emploient à acquérir de vastes superficies de terres agricoles à l'étranger, et développent des corridors commerciaux efficaces pour le commerce de denrées alimentaires afin d'assurer leur sécurité alimentaire à long terme et de diversifier l'approvisionnement alimentaire¹¹. Parallèlement, la production agricole de la RPC, qui nourrit actuellement près de 20 % de la population mondiale, joue un rôle déterminant dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire mondiale. Toute variation climatique d'envergure dans le pays aura donc des implications mondiales.

La Chine met donc l'accent sur la prise de mesures d'adaptation et d'atténuation, tout en cherchant à concilier le développement économique et les objectifs climatiques¹². En ce qui concerne l'armée, quelques rapports suggèrent que le pays a amélioré son efficacité énergétique, qu'il utilise des carburants alternatifs et qu'il a développé des capacités permettant d'apporter une aide en cas de catastrophe tout en maintenant la disponibilité opérationnelle¹³.

Installations et moyens militaires de l'OTAN et des Alliés

Les menaces directes associées au changement climatique, comme les vagues de chaleur, les inondations, les sécheresses, les incendies, l'érosion des sols et les vents extrêmes, sont susceptibles d'affecter les équipements militaires et les systèmes d'armes, y compris les véhicules armés et non armés, les avions avec et sans pilote, les bâtiments de surface et sous-marins, le matériel de protection, ainsi que les armes légères et de petit calibre. Les installations militaires, fixes et mobiles, ainsi que les zones d'entraînement sont également vulnérables aux effets du changement climatique. Le niveau de vulnérabilité et d'exposition varie en fonction de l'emplacement géographique. Par exemple, les installations militaires dans les latitudes septentrionales de l'OTAN sont exposées au risque de dégel du pergélisol, qui compromet leur intégrité structurelle, tandis que les zones de basse altitude de l'Europe font face à un risque accru d'inondations. Au sud de l'Alliance, les moyens et les installations sont menacés par la chaleur extrême.

Les aléas climatiques peuvent entraîner l'augmentation des coûts de maintenance et de réparation, engendrer des risques de sécurité pour le personnel militaire et, en définitive, nuire à l'efficacité et à la disponibilité opérationnelles. En outre, si des zones d'entraînement devenaient inaccessibles ou inutilisables, la capacité des

Alliés à former des contingents, tant à l'échelle nationale qu'internationale, pourrait sévèrement en pâtir.

En plus d'affecter les équipements militaires, les aléas climatiques exercent une pression opérationnelle accrue sur le personnel militaire. Les conséquences directes sur la santé des forces de l'OTAN comprennent une augmentation de l'incidence du stress thermique, le risque de lésions dues au froid et les problèmes respiratoires causés par des tempêtes de poussière, la pollution atmosphérique locale ou l'exposition à la fumée des feux de forêt¹⁴, ce qui peut limiter les possibilités d'entraînement et les opérations. Les conséquences indirectes vont des effets psychologiques sur les militaires mobilisés lors de catastrophes naturelles à une incidence plus élevée de maladies infectieuses d'origine alimentaire et hydrique et à transmission vectorielle dans différents contextes opérationnels. L'exercice de la médecine militaire peut également être affecté dans les contextes opérationnels touchés par le changement climatique. Les risques notables incluent des tensions sur les chaînes d'approvisionnement frigorifiques dans les environnements plus chauds, un accès limité ou inexistant à l'eau douce, ainsi qu'une fréquence plus élevée d'interventions médicales menées dans des conditions environnementales extrêmes.



Source : forces armées allemandes.

Missions et opérations de l'OTAN

La prévention et la gestion des crises font partie des tâches fondamentales de l'OTAN. Pour prévenir et répondre efficacement aux crises qui pourraient porter atteinte à la sécurité des Alliés, il est primordial de préserver la capacité militaire permettant de mener un large éventail d'opérations et de missions à l'international, et ce malgré le changement climatique. Parmi les exemples actuels, on peut citer l'initiative multinationale de formation et de renforcement des capacités menée par l'OTAN en Iraq ; ses opérations et ses activités dans le milieu maritime (à savoir les forces navales permanentes de l'Alliance, l'opération Sea Guardian et son activité en mer Égée) ; la police du ciel dans plusieurs pays de l'Alliance ; ou la Force pour le Kosovo (KFOR) déployée par l'OTAN et l'Équipe OTAN de conseil et de liaison (NALT), sur lesquelles nous nous attarderons davantage dans la suite de ce document.

Bon nombre des missions et des activités de l'OTAN ont lieu dans des régions qui sont déjà vulnérables à la chaleur extrême, aux fortes précipitations, aux

tempêtes de poussière et à d'autres phénomènes météorologiques extrêmes. La mission OTAN en Iraq (NMI), par exemple, est particulièrement affectée par les vagues de chaleur. Ces dernières années, le personnel déployé a été confronté à des épisodes fréquents de chaleur extrême, avec des températures extérieures atteignant les 50 °C et des températures intérieures dépassant les 60 °C, ce qui pousse les équipements et le personnel au-delà de leurs limites. La situation est encore aggravée par l'augmentation concurrente de la fréquence des tempêtes de poussière, ce qui réduit la visibilité, perturbe le transport aérien et routier en encrassant les équipements, et nuit à la santé du personnel militaire. Le nombre de jours dit « de chaleur extrême » (jours où les températures dépassent les 35 °C et où les opérations sont limitées ou interrompues pour des raisons de santé et de sécurité) ne cesse d'augmenter, ce qui entraîne des perturbations opérationnelles et compromet la formation et la disponibilité¹⁵.

Étude de cas : la présence de l'OTAN au Kosovo

L'Europe du Sud-Est, y compris le Kosovo, a été identifiée comme l'un des « points névralgiques » du réchauffement planétaire¹⁶. Le réchauffement accéléré de l'atmosphère dans la région engendre des phénomènes météorologiques extrêmes, comme les incendies de forêt de 2017 et 2022, ainsi que les graves inondations dont a été victime le Kosovo en 2023. On s'attend à ce que de tels phénomènes deviennent plus fréquents et intenses. Associé à la vulnérabilité socioéconomique et à l'environnement de sécurité complexe du Kosovo, le changement climatique peut avoir des conséquences préjudiciables pour le Kosovo et la présence de l'OTAN sur le terrain¹⁷.

Depuis juin 1999, l'OTAN dirige une opération de soutien de la paix au Kosovo, à l'appui d'autres actions menées par la communauté internationale au sens large visant à consolider la paix et la stabilité dans la région. Aujourd'hui, environ 4 500 militaires de pays membres ou partenaires de l'Alliance opèrent au Kosovo dans le cadre de la Force pour le Kosovo (KFOR)¹⁸. La KFOR continue de remplir son mandat — qui découle de la résolution 1244 du Conseil de sécurité de l'ONU votée en 1999 — en contribuant à maintenir un environnement sûr et sécurisé et à garantir la liberté de mouvement au bénéfice de toutes les communautés du Kosovo, en toutes circonstances et en toute impartialité¹⁹. La KFOR est le troisième intervenant en matière de sécurité, après la police du Kosovo et la mission « État de droit » de l'UE (EULEX), avec lesquelles elle travaille en étroite coordination. Par

ailleurs, l'Équipe OTAN de conseil et de liaison (NALT) aide les organisations de sécurité au Kosovo à assurer un contrôle civil et une supervision démocratique. Le soutien au renforcement des capacités que la NALT apporte à la Force de sécurité du Kosovo (KSF) couvre la réponse aux crises, la gestion des catastrophes et la protection civile.

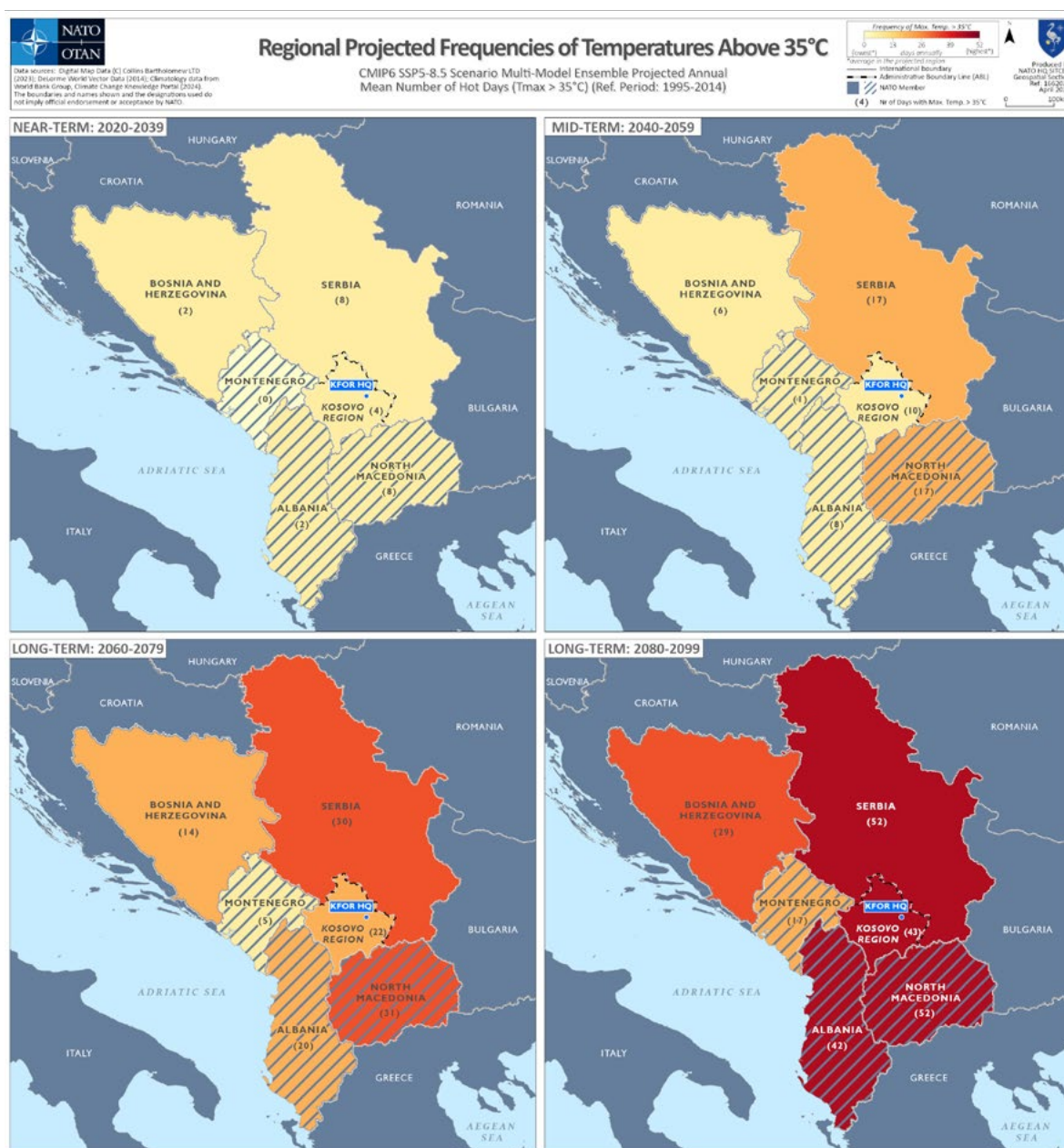
Le Kosovo est confronté à un certain nombre de défis liés à l'environnement. Les délits écologiques, notamment l'abattage clandestin d'arbres et la mise en décharge illégale des déchets, représentent des défis importants pour l'écosystème et l'environnement. Non seulement ces activités dégradent les ressources naturelles et les écosystèmes, mais elles aggravent également l'impact du changement climatique en augmentant les niveaux de pollution et en diminuant la capacité des forêts à absorber les émissions de carbone. La KFOR a participé à la surveillance de la criminalité environnementale et à l'évaluation de la sécurité d'environ 12 sites où des substances toxiques et radioactives sont stockées, dont beaucoup sont incompatibles avec un stockage sécurisé. La KFOR et la KSF réalisent des évaluations mensuelles de ces installations afin de s'assurer qu'elles ne présentent aucun autre risque environnemental.

De plus, la KFOR a apporté une assistance précieuse à la suite de phénomènes météorologiques extrêmes. En 2016, suite à une demande d'aide des autorités locales, la KFOR a soutenu les opérations de secours aux victimes des inondations à Skopje (Macédoine du

Nord) en déployant des engins lourds et des moyens du génie, notamment des chargeuses, des excavateurs et des tombereaux²⁰. En 2022, la KFOR a participé à la prévention de la propagation des feux de forêt. Suite aux températures douces relevées en janvier 2021, en décembre 2022 et en janvier 2023, le Kosovo a subi deux épisodes de graves inondations qui ont dévasté plusieurs villes et villages, et entraîné des coupures d'eau potable et d'électricité ainsi que des évacuations²¹. Dans les exemples précédents, l'équipe de recherche et sauvetage de la KSF a apporté son aide pendant les inondations, tandis que la KFOR se tenait prête à intervenir dans les limites de ses moyens et de ses capacités²². La KFOR est capable d'apporter une aide immédiate en cas de catastrophe, mais aussi une assistance en matière de génie et de construction : les ingénieurs de la KFOR sont souvent mobilisés pour

évaluer l'intégrité de ponts, de routes et de bâtiments après des inondations.

Hormis les inondations, la chaleur extrême et la présence de matières particulaires dans l'atmosphère présentent des défis pour les missions et les moyens, dont les véhicules. Pour mieux comprendre l'impact de la chaleur extrême sur la région, on a essayé de prévoir l'évolution des températures²³. Le nombre de jours par an où les températures dépassent les 35 °C augmente fortement au fil du temps. À court terme (2020-2039), seulement 4,4 jours avec des températures supérieures à 35 °C sont prévus pendant les mois d'été. À long terme (2060-2079), ce chiffre grimpe à 21,2 jours par an. À la fin du siècle (2080-2099), selon le scénario le plus pessimiste SSP5-8.5, le Kosovo devrait connaître 39,2 jours par an avec des températures supérieures à 35 °C.



Dans le scénario le plus pessimiste (SSP5-8.5), les températures grimperaient de 4 °C entre les prévisions à court terme et la fin du siècle, ce qui pourrait avoir des conséquences dramatiques dans la région et augmenter le nombre de jours de chaleur extrême (températures dépassant les 35 °C). Bien que la hausse prévue des températures ne soit pas aussi extrême que dans certaines autres régions géographiques où l'OTAN est engagée, elle est suffisamment importante pour aggraver les menaces existantes dans un environnement déjà chaud et réduire les jours d'opérations. Même à court terme, on peut s'attendre à ce qu'elle nuise à la productivité, perturbe les opérations et augmente la mortalité liée à la chaleur et à la pollution atmosphérique²⁴. En outre, les prévisions de températures plus élevées et de risques accrus de feux de forêt, la baisse du niveau des précipitations et la croissance de la population suggèrent que d'ici 2050, quatre des cinq bassins versants kosovars pourraient être soumis à un stress hydrique ou à la raréfaction de

l'eau, ce qui affecterait l'approvisionnement en eau pour la population locale et le personnel de la KFOR et de la NALT²⁵.

Pour conclure, les tensions climatiques peuvent affecter le travail des acteurs de la sécurité au Kosovo de différentes manières. Premièrement, la multiplication des aléas climatiques pourrait se traduire par une sollicitation plus forte de la KSF s'agissant du soutien aux autorités civiles. Appuyer le développement des capacités de planification civile d'urgence et de gestion de crise, ainsi que la capacité à répondre aux aléas climatiques, demeurera un élément fondamental du mandat de la NALT. Cette évolution pourrait également entraîner une demande plus forte pour que la KFOR apporte directement son aide aux institutions du Kosovo.

Résilience et préparation du secteur civil

La résilience individuelle et collective sous-tend les trois tâches fondamentales de l'OTAN. La multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes dans la zone euro-atlantique continue d'exercer une pression croissante sur la résilience de chaque Allié et, par conséquent, sur l'OTAN au sens large. Cela compromet la capacité des Alliés à proposer des services essentiels à leur population et à leurs forces militaires dans des secteurs critiques tels que les communications, l'énergie, les transports, la santé, les denrées alimentaires et l'eau. L'OTAN s'appuie sur des ressources et des infrastructures civiles et commerciales pour assurer le déploiement rapide et efficace ainsi que le soutien de ses forces militaires. Par conséquent, il est essentiel que les Alliés se préparent et s'adaptent aux incidences du changement climatique et de la dégradation environnementale, et qu'ils intègrent ces considérations à leurs stratégies de sécurité nationales. Certaines conséquences du changement climatique, décrites dans les exigences de base en matière de résilience nationale que les Alliés ont collectivement acceptées, sont détaillées ci-dessous.

SYSTÈMES DE TRANSPORT CIVIL

Compte tenu du rôle capital joué par les systèmes de transport aérien, terrestre et maritime dans la prestation de services essentiels comme l'énergie, les fournitures médicales et les denrées alimentaires, la moindre perturbation pourrait s'avérer très problématique tant pour les populations civiles que pour les forces armées. La chaleur et le froid extrêmes peuvent affecter les systèmes de transport civil de multiples façons. Les fortes chutes de neige et les pluies verglaçantes qui

ont touché certaines parties de l'Europe centrale et du Nord en décembre 2023 ont entraîné le blocage de grands axes routiers et l'interruption des activités des aéroports²⁶. De même, la vague de chaleur qui a touché l'Europe à l'été 2022 a conduit à la déformation de routes et de voies ferrées ainsi qu'à la dilatation de ponts dans de nombreux endroits d'Europe de l'Ouest²⁷, se traduisant par des fermetures temporaires, des réparations d'urgence et des réductions majeures des capacités de transport, avec à la clé des retards importants et des perturbations de grande ampleur.

SERVICES DE COMMUNICATIONS CIVILES

Étant donné la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes, le secteur des télécommunications et son infrastructure vont être confrontés à des difficultés croissantes. Par exemple, les incendies de forêt dont a été victime le Canada en 2023 ont durement touché l'infrastructure de télécommunications. Les incendies ont détruit le réseau électrique qui alimentait des sites cellulaires en endommageant les poteaux électriques en bois, les câbles d'alimentation et de communication ainsi que l'infrastructure de stations cellulaires²⁸. Après de tels événements, le rétablissement de l'électricité peut prendre plusieurs jours et les réparations complètes plusieurs semaines. Sans parler des feux de forêt, les dommages causés par une chaleur extrême peuvent paralyser et perturber les services du réseau mobile, laissant les entreprises et les individus dépourvus de moyen de communication²⁹. L'interruption des communications est particulièrement problématique pour les dispositifs de réponse aux situations

d'urgence qui doivent être déployés pendant ces événements. Les services de communications civiles sont également vulnérables aux effets en cascade de la perte d'alimentation électrique, ce qui peut provoquer des pannes locales si les systèmes d'alimentation de secours n'ont pas une capacité suffisante. Les stations internationales d'atterrissage des câbles ont aussi été identifiées comme des points de vulnérabilité pour la connectivité du réseau mondial en raison de l'élévation du niveau des océans, de l'érosion des sols et des ondes de tempête³⁰. De plus, les satellites géostationnaires peuvent être victimes d'un blocage de signal, de performances réduites ou d'une défaillance pendant des épisodes extrêmes de pluie ou de neige.

APPROVISIONNEMENTS ÉNERGÉTIQUES

Les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent mettre à rude épreuve les infrastructures énergétiques critiques des Alliés, ce qui pourrait avoir des répercussions sur la production, la transmission et la distribution d'énergie. Par exemple, pendant les vagues de chaleur de 2022 et 2023, la France, qui utilise l'énergie nucléaire pour produire environ 70 % de son électricité, a connu une nette diminution de sa production d'énergie nucléaire à cause de la baisse des réserves d'eau de refroidissement et de la réduction des travaux de maintenance programmée. Avec la hausse des températures et la baisse du niveau des eaux, il est de moins en moins possible d'utiliser les eaux fluviales pour refroidir les réacteurs. Cette réduction de la production d'énergie nucléaire a non seulement mis à mal l'approvisionnement énergétique de la France, mais a aussi affecté les pays voisins dépendants des importations d'électricité par le biais de réseaux interconnectés. Les vagues de chaleur et les sécheresses peuvent également compromettre la production d'hydroélectricité, ce qui peut se traduire par une augmentation globale de la production d'électricité d'origine fossile pour combler l'écart³¹.

RESSOURCES EN DENRÉES ALIMENTAIRES ET EN EAU

Le changement climatique, la perte de biodiversité et la dégradation de l'écosystème sont indissociables et se renforcent mutuellement. Ensemble, ils ont un impact considérable sur la sécurité alimentaire et environnementale. La fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes, associée à l'évolution des régimes de précipitations, a réduit le rendement des grandes cultures et a augmenté le risque de mauvaises récoltes dans les principaux pays producteurs de denrées alimentaires au sein de l'OTAN. À l'été 2022, l'Espagne, la France, l'Italie, l'Allemagne, la Roumanie et la Hongrie ont fait face à des sécheresses prolongées et à des vagues de chaleur intenses³². Par conséquent, la production céréalière européenne (notamment de maïs en grains) a chuté de 9 % par rapport à 2021³³. En parallèle, le temps

sec et très chaud a épuisé les réservoirs d'eau, ce qui a grandement limité l'irrigation à l'eau douce. Les phénomènes météorologiques extrêmes affectent d'autres infrastructures critiques, comme l'énergie et les transports, et peuvent perturber le stockage et le transport des aliments, et potentiellement entraîner du gaspillage à grande échelle, ce qui menacerait davantage l'approvisionnement alimentaire. D'autres éléments du système alimentaire, tels que l'élevage de bétail et l'industrie de la pêche, commencent à être touchés de façon comparable par les changements écologiques de grande ampleur.

PERTES HUMAINES MASSIVES ET CRISES SANITAIRES PERTURBATRICES

Les facteurs d'agression liés au climat ont une influence considérable sur la santé humaine, la propagation des maladies et la résilience du système de santé. En 2022, plus de 61 000 personnes seraient mortes en raison des vagues de chaleur intenses rien qu'en Europe. Selon les estimations, rapporté à la population totale, le nombre de décès liés à la chaleur est 56 % plus élevé chez les femmes que chez les hommes³⁴. Le nombre estimé de décès dus à la vague de chaleur de 2023 était également élevé³⁵. La saison 2023 des incendies de forêt a emporté des vies en Europe et en Amérique du Nord. Ces événements extrêmes ont conduit à la hausse des interventions d'urgence, des hospitalisations et des décès, en excédant souvent les capacités des systèmes de santé et en mettant à l'épreuve leur résilience au sein de l'OTAN. Le changement climatique, la destruction des habitats et le contact rapproché entre l'animal et l'homme sont des facteurs avérés de maladies infectieuses, notamment de nouvelles pandémies et de maladies à transmission vectorielle comme le paludisme. De telles pressions peuvent entraver la capacité des autorités civiles à soutenir les efforts militaires nationaux et de l'OTAN.

MOUVEMENTS INCONTRÔLÉS DE PERSONNES

Des phénomènes météorologiques extrêmes peuvent déclencher des déplacements d'importants mouvements de personnes à l'intérieur d'un même pays ou entre pays. Ces mouvements divers peuvent mettre à mal la capacité des communautés ou pays d'accueil à fournir des services essentiels, notamment en matière de santé, de ravitaillement en vivres et en eau, d'énergie, de communications et de transport. Qui plus est, la pression accrue sur les réseaux de transport et de communications peut altérer considérablement la capacité des autorités civiles nationales et des forces armées à répondre simultanément à d'autres menaces et dangers et à exécuter, si nécessaire, des plans de défense civils et militaires.



Source : forces armées canadiennes.

Réponse aux catastrophes

La multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes peut mettre à rude épreuve les capacités et les ressources nationales en matière de protection civile. Les autorités civiles sollicitent de plus en plus l'aide des forces armées dans le cadre de la réponse aux catastrophes. En 2023, en réponse à la pire saison d'incendies de forêt que le Canada ait connu jusqu'à présent, 2 214 militaires ont été déployés pour une durée totale de 131 jours, à l'appui des évacuations, de la lutte contre les incendies et de la logistique d'urgence dans six provinces et territoires. Pendant les inondations dévastatrices qu'a connues la Slovénie en août 2023, décrites comme la pire catastrophe naturelle dont a été victime le pays depuis son indépendance en 1991, les forces armées slovènes ont fourni des services critiques de sauvetage et d'évacuation. Aux États-Unis, plus de 600 militaires de différentes branches des forces armées et de la garde nationale ont été déployés afin de soutenir la gestion des incendies de forêt à Maui — l'un des plus grands déploiements auxquels a procédé l'armée américaine ces dernières années pour un unique danger.

Bien souvent, les capacités civiles et militaires combinées d'une nation sont insuffisantes pour faire face à une catastrophe et requièrent donc un soutien militaire international. En 2023, 29 déploiements militaires internationaux ont eu lieu pour répondre à des urgences climatiques dans 14 pays³⁶. Par exemple, la Grèce a bénéficié de l'assistance d'une dizaine

d'Alliés en juillet 2023, y compris d'un soutien militaire, pour faire face à des incendies de forêt record qui ont conduit à la plus grande évacuation de l'histoire grecque. De même, en août 2023, la Slovénie a reçu le soutien militaire d'Alliés, notamment des hélicoptères et des ponts flottants, pour gérer les conséquences d'une inondation de grande ampleur.

Comme ces exemples et d'autres le montrent, la nécessité de gérer des aléas environnementaux de plus en plus fréquents pourrait affecter la disponibilité des forces militaires de l'Alliance pour d'autres déploiements associés à la posture de dissuasion et de défense, comme les entraînements et des tâches militaires plus traditionnelles. À mesure que les phénomènes météorologiques extrêmes deviennent plus fréquents et intenses, cette tension devrait encore augmenter. Certains observateurs laissent entendre que de nouvelles structures d'intervention rapide autres que les forces armées pourraient être nécessaires pour relever les défis à long terme posés par le changement climatique³⁷.

L'OTAN, avec sa combinaison unique d'outils civils et militaires, est bien placée pour soutenir les réponses nationales aux catastrophes climatiques. Le renforcement de la coopération civilo-militaire et l'amélioration des capacités de réponse aux situations d'urgence civile font partie des outils mis à la disposition des Alliés.

Incidences du changement climatique sur cinq milieux d'opérations

Milieu d'opérations maritime

Dans le milieu maritime, les forces et les capacités navales sont de plus en plus impactées par les effets du changement climatique. Ces effets comprennent les modifications des températures de l'air et des océans, de la salinité, de la vitesse du vent, des régimes de précipitations, des courants de surface et sous-marins, de l'étendue de la couverture de glace de mer et de la vie marine³⁸. L'effondrement de la circulation méridienne de retournement en Atlantique (AMOC)³⁹, important régulateur du climat qui influence le Gulf Stream, pourrait entraîner des changements soudains et spectaculaires qui ne sont pas encore bien connus.

De tels effets mettent à l'épreuve les opérations et les capacités maritimes de diverses manières. Les ondes de tempête et l'élévation du niveau des mers mettent en péril les infrastructures militaires côtières — des ports et des cales sèches aux logements de base en passant par les bureaux — et nécessitent la modification des voies de navigation côtières et affectant potentiellement la fréquence et l'ampleur de la formation et des exercices militaires. L'augmentation de l'acidification et de la salinité des océans accélère la corrosion des bâtiments de surface, tandis que les mers plus agitées réduisent la durée de vie des arbres et des hélices, ce qui nuit à leurs performances et nécessite une maintenance plus fréquente⁴⁰. S'ajoute à cela le fait que la hausse de la température des océans a d'importantes incidences sur les besoins en matière de capacités de refroidissement

des systèmes de propulsion des navires et d'autres systèmes essentiels qui, sinon, risquent la surchauffe⁴¹.

En ce qui concerne les radars et les capteurs navals, des études réalisées en 2023 par le Centre pour la recherche et l'expérimentation maritimes (CMRE) de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie ont révélé que les changements prévus de la hauteur du « conduit atmosphérique d'évaporation de surface »⁴² et les fortes pluies dégraderont les performances des radars, en particulier à des fréquences plus élevées, affectant la connaissance de la situation. En outre, la modification de la température et de l'acidification des eaux affecte également l'acoustique sous-marine, ce qui peut avoir des conséquences pour les opérations sous-marines et la lutte anti-sous-marine (décrites plus en détail ci-dessous).

Parallèlement, le changement climatique étend la nature et la portée des missions navales. Compte tenu du volume croissant de trafic maritime dans des conditions plus difficiles et imprévisibles, les forces militaires et de sécurité sont et continueront d'être de plus en plus nécessaires pour répondre aux urgences simultanées telles que les opérations de recherche et sauvetage et la réponse aux catastrophes dans de nouvelles régions, comme le Grand Nord⁴³.

Étude de cas : opérations sous-marines et lutte anti-sous-marine

La capacité des sous-marins à opérer et à manœuvrer en profondeur sous la surface des océans les rend indétectables par la vision humaine, les capteurs optroniques, les systèmes radars et les caméras infrarouges couramment utilisées au-dessus de l'eau. Dans la lutte anti-sous-marine, le recours à un sonar,

qui utilise l'acoustique sous-marine, reste le principal moyen de détecter, de localiser, d'identifier et de suivre les sous-marins ennemis à longue distance.

Les équipes de recherche du CMRE de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie ont réalisé une



série d'études commanditées par le Bureau du conseiller scientifique de l'OTAN et visant à comprendre *si* et *comment* un milieu océanique altéré pourrait affecter la détection par sonar dans des régions géographiques clés de l'OTAN. Leur analyse montre que le changement climatique affecte à la fois *la perte de transmission*⁴⁴ et *le bruit ambiant* — deux aspects essentiels de l'équation des sonars, qui déterminent si un sous-marin peut être détecté ou non — de multiples façons.

La vitesse du son sous l'eau varie selon la température, la salinité et la pression ambiante (qui dépend de la profondeur)⁴⁵. Dès lors, la propagation acoustique est extrêmement sensible aux effets du changement climatique⁴⁶. L'aggravation observée de l'acidification des océans — associée aux variations des dynamiques, températures, salinités et de la couverture glacielle des océans — aura une incidence directe sur la perte de transmission. L'augmentation de la perte de transmission signifie que le son diffusé ou réfléchi par le sous-marin est davantage atténué et que la force du signal reçu est amoindrie. À l'inverse, une réduction de la perte de transmission augmentera la probabilité et la portée de détection sous-marine. Le niveau de bruit ambiant est directement lié à des phénomènes naturels tels que le vent, les ondes de surface, la pluie et la fissuration de la glace de mer arctique, ainsi qu'aux activités humaines et animales, comme le trafic commercial, le tourisme, l'exploitation des ressources naturelles et l'évolution des mouvements migratoires des mammifères marins et d'autres espèces. L'augmentation du trafic

maritime dans certaines régions peut augmenter le bruit ambiant, masquant alors les signaux acoustiques émis par les sous-marins. À l'inverse, la diminution ou la relocalisation d'espèces marines vers de nouvelles régions peut diminuer le bruit ambiant, facilitant ainsi la détection. Pour résumer, un bruit ambiant plus faible et des signaux acoustiques plus forts simplifient la détection, tandis qu'un bruit ambiant plus fort et des signaux acoustiques plus faibles compliquent la détection⁴⁷.

La première étude exploratoire menée par le CMRE de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO) compare les effets des changements prévus en matière de température et de salinité des océans sur l'affaiblissement de propagation acoustique à six endroits de l'Atlantique Nord et du Pacifique Ouest à la fin du XXI^e siècle (par rapport à la fin du XX^e siècle)⁴⁸. Les résultats indiquent que les zones du Pacifique Ouest étudiées n'afficheront pas de changements significatifs dus aux changements de la température et des niveaux de salinité, tandis que deux des zones atlantiques examinées présentaient d'importantes variations de la vitesse du son dans les profondeurs océaniques, entraînant une augmentation considérable de la perte de transmission acoustique futur en raison de l'évolution de ces variables. Les recherches du CMRE attirent également l'attention sur la façon dont ces implications sont propres aux sites régionaux, et peuvent varier d'une zone à l'autre.

Une étude ultérieure propose une analyse détaillée de la manière dont les performances des sonars peuvent être affectées par l'évolution de la vitesse du son. Les données tirées d'observations et de trois modèles climatiques haute résolution du programme CMIP6 dans le scénario le plus pessimiste (SSP5-8.5) couvrant la période entre 1980 et 2050 à quatre endroits de l'Atlantique Nord et de la mer Méditerranée ont été analysées en 2023. Les résultats prévoient une diminution future de paramètres de sonar clés dans certaines régions, le Grand Nord présentant la plus grande sensibilité à l'évolution des conditions climatiques. L'accentuation de la perte de transmission acoustique dans les hautes latitudes, due aux changements de la température et des niveaux de salinité, pourrait être aggravée par de futures modifications du paysage sonore arctique, principalement causées par l'état de la glace de mer et la hausse associée des activités humaines et animales.

Les résultats des recherches ont plusieurs implications pour l'OTAN, à la fois pour les capacités de lutte anti-sous-marine des Alliés et pour la dissuasion nucléaire à base de sous-marins lanceurs d'engins balistiques. L'analyse du CMRE indique que dans certaines régions,

le changement climatique affectera la probabilité et la portée de détection des sous-marins ennemis. Dans l'Atlantique Nord, une augmentation de la perte de transmission peut nécessiter un plus grand nombre de capteurs sous-marins. Par conséquent, la surveillance des mers de l'Atlantique Nord, et même de certains goulets d'étranglement, pourrait devenir plus difficile⁴⁹. En comparaison, l'ampleur du changement devrait être bien plus modérée dans le Pacifique Ouest.

En plus des défis environnementaux induits par le changement climatique, les spécialistes constatent que les avancées technologiques — à savoir les améliorations des technologies de discrétion acoustique et de détection par sonar, y compris le traitement de signaux, dans les années à venir — affecteront également la lutte anti-sous-marine et la concurrence entre dispositifs de recherche et dispositifs recherchés⁵⁰. De telles avancées peuvent modifier les résultats ci-dessus et devront être intégrées aux futures études sur les performances des sonars⁵¹.

Étude de cas : Grand Nord / Arctique

L'Arctique circumpolaire continue à se réchauffer près de quatre fois plus vite que la moyenne mondiale, avec des conséquences pour l'environnement, les communautés locales, l'accès à la région et sa sécurité, que ce soit en mer ou sur terre⁵². Avec l'entrée de la Finlande et de la Suède dans l'OTAN, le territoire des Alliés dans les latitudes nord s'est étendu, tout comme son expertise en matière d'opérations dans un environnement aussi difficile.

Compte tenu de la transformation rapide de l'environnement arctique, les responsables de la planification militaire doivent tenir compte des défis technologiques et logistiques lors d'opérations dans les latitudes nord. Cela s'explique par une combinaison de facteurs : le climat rigoureux et de plus en plus imprévisible de la région, dont la glace brisée, les vents violents, les forts courants de marée et donc les vagues plus puissantes, les faibles températures de l'eau et de la surface, les longues distances, l'obscurité, l'isolement, les infrastructures militaires et critiques limitées, ainsi que la couverture restreinte des radars et des satellites⁵³. Ces défis sont en outre aggravés par le nombre limité de bâtiments et d'avions capables d'opérer en toute sécurité en Arctique.

Sur terre, l'érosion côtière, la dégradation du pergélisol et les inondations dues aux ondes de tempête, caractéristiques des latitudes nord, menacent les infrastructures et les installations militaires. Actuellement, le dégel du pergélisol met

en péril l'intégrité de quatre des huit installations du département de la Défense américain en Arctique, à savoir la base spatiale de Pituffik au nord-ouest du Groenland, la base aérienne d'Eielson, Fort Wainwright et le système d'alerte du Nord (examiné plus en détail ci-dessous)⁵⁴. Par ailleurs, les inondations, les chutes de neige et les tempêtes peuvent bloquer les itinéraires de ravitaillement et freiner les déplacements pendant les opérations et les entraînements, tout comme l'augmentation des précipitations pourrait compromettre la force portante des sols et des routes. La lutte contre les feux de forêt boréale qui frappent la région arctique⁵⁵ exercera une pression supplémentaire sur le personnel et les moyens militaires. Selon les prévisions, avec le dégel du pergélisol, des décharges militaires datant de l'ère de la Guerre froide (comme celles de l'Alaska, du Groenland et de la Russie) pourraient émerger et risquent de devenir des sources de contamination pour l'environnement avoisinant et la population de l'Arctique⁵⁶.

À mesure que la glace de mer arctique reculera, l'accès pour les acteurs étatiques et non étatiques augmentera. Une légère hausse des activités humaines peut déjà être observée dans le Grand Nord : les flottes de pêche étendent leur zone d'exploitation, l'extraction de ressources suscite l'intérêt au-delà des acteurs régionaux traditionnels, et la navigation commerciale et le tourisme poursuivent leur croissance. Cette hausse des activités augmente le risque de survenue d'incidents et d'accidents maritimes, faisant peser des

responsabilités plus lourdes sur les forces armées et de sécurité pour mener des opérations de recherche et sauvetage (SAR) dans des environnements et sur des distances qui présentent d'importants défis logistiques.

Des éléments essentiels doivent également être pris en compte sur le plan de la sécurité humaine et environnementale. L'Arctique circumpolaire est habité par environ quatre millions de personnes. Les perturbations des écosystèmes, la perte de biodiversité, la modification des régimes météorologiques, le dégel du pergélisol et l'érosion côtière affectent les moyens de subsistance dépendant des ressources, limitent l'accès et nuisent à la santé et à la prospérité des communautés locales⁵⁷.

Enfin, la coopération scientifique avec la Russie dans la région arctique a été interrompue suite à l'invasion à grande échelle de l'Ukraine par la Russie. A suivi la cessation du partage de données scientifiques provenant des stations de surveillance russes dans la région arctique. Si la population et l'activité économique de la région sont modestes à l'échelle mondiale, les transformations physiques de l'Arctique ont un effet démesuré sur les régimes météorologiques et climatiques mondiaux en mer et sur terre⁵⁸. La Russie représentant près de 50 % des masses terrestres arctiques et possédant 17 des 60 stations de terrain du réseau de recherche arctique, les scientifiques avertissent que les données russes manquantes

peuvent affecter la visibilité sur le climat arctique et compromettre la précision des modèles climatiques mondiaux, ce qui nuirait fortement aux prévisions climatiques⁵⁹.

Des défis stratégiques se développent en parallèle. Du point de vue de la planification de défense, le changement climatique accroît la complexité de la dynamique de sécurité régionale et façonnera les futurs déploiements opérationnels. La fonte des glaces en Arctique offrira à l'Alliance de nouvelles opportunités, mais engendrera aussi des vulnérabilités si elle ne fait l'objet d'aucun contrôle⁶⁰. Les possibilités de manœuvres de force augmenteront⁶¹, de nouvelles infrastructures devront être mises en place (et défendues) et la concurrence pour les ressources, comme les stocks de poissons, s'accroîtra probablement. Ces caractéristiques changeantes seront source d'incertitude. Le maintien de la liberté de navigation sera essentiel pour que l'OTAN puisse préserver sa force de dissuasion à l'avenir. Qui plus est, l'Alliance fait face à une concurrence géopolitique grandissante et à une militarisation croissante de la région, avec des activités russes accrues qui doivent être surveillées, évaluées et découragées. Des observateurs et des experts de l'Arctique suggèrent que des tensions pourraient apparaître à l'avenir en raison de divergences d'interprétation de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM), et au sujet de l'extension de la plateforme continentale, des ressources biologiques marines — notamment la pêche clandestine, non réglementée et non déclarée dans la mer de Barents — et du Svalbard⁶².



Source : forces armées finlandaises.

Parallèlement aux effets de la guerre que la Russie mène contre l'Ukraine, le changement climatique favorise une nouvelle coopération dans le domaine de la sécurité. Pékin, dont l'accès à l'Arctique dépend de la Russie, participe principalement aux activités économiques et de recherche scientifique dans la région. Toutefois, en avril 2023, la Russie et la RPC ont signé un mémorandum d'entente visant à renforcer la coopération pour l'application du droit maritime. En vertu de ce mémorandum, la Garde côtière de la RPC et le Service fédéral de sécurité de la Fédération de Russie (FSB) ont convenu d'intensifier leurs efforts conjoints pour lutter contre le terrorisme, les migrations clandestines, la contrebande et la pêche clandestine⁶³. Un autre mémorandum d'entente a été signé par les marines russe et chinoise en avril 2024, stipulant une coopération élargie dans le domaine de la recherche et sauvetage en mer. La dualité des capacités de la RPC en Arctique et les mémorandums d'entente, faisant potentiellement office de précurseur pour une coopération élargie dans le domaine de la sécurité, sont deux éléments qui nécessitent une attention accrue. Les observateurs et les spécialistes de l'Arctique suggèrent que beaucoup de choses dépendront du degré de confiance entre les deux gouvernements concernant la politique pour l'Arctique⁶⁴. Jusqu'à présent, la Russie s'est montrée réticente à autoriser la RPC à développer une présence militaire en Arctique.

Milieu d'opérations terrestre

Les effets grandissants du changement climatique présentent des défis tactiques et opérationnels complexes dans le milieu terrestre. Les incendies de forêt canadiens de 2023 offrent un exemple criant. Dans le cadre de l'opération LENTUS, la réponse des Forces armées canadiennes aux urgences sur le territoire national⁶⁵, de nombreux militaires ont été déployés pour lutter contre les feux de forêt, mettant en évidence les pressions accrues sur les ressources militaires. Comme mentionné ci-dessus, d'autres pays membres de l'OTAN ont eux aussi fait face à des feux de forêt sur leur territoire, ce qui a mis leur résilience à l'épreuve.

L'incendie de forêt de juillet 2023 dans le centre de la Grèce, qui a menacé un dépôt de munitions de la force aérienne grecque près de Nea Anchialos, met en lumière les risques que les catastrophes naturelles représentent pour les infrastructures militaires⁶⁶. La charge thermique a provoqué des explosions d'intensité variable⁶⁷. Heureusement, les remblais de protection anti-souffle ont permis de limiter les dégâts⁶⁸. Cet incident souligne l'avantage de mettre à profit l'expérience des Alliés et d'intégrer les considérations liées au changement climatique à la planification de l'atténuation des risques dans le cadre de la protection des installations militaires, notamment en prévision des épisodes de chaleur extrême. Parmi ces mesures, on peut citer le maintien de zones coupe-feu autour des infrastructures militaires et la réévaluation des risques dans les zones où elle n'était pas requise auparavant.

En plus des risques de sécurité, les feux de forêt transforment de vastes zones, ce qui engendre des défis supplémentaires dans le milieu terrestre où la végétation est essentielle pour la couverture naturelle, le camouflage et la marge de manœuvre tactique. La perte de feuillage dense complique la mise en place d'embuscades et affecte la visibilité et la portée d'engagement, influençant les décisions stratégiques et tactiques⁶⁹. Il est primordial de comprendre la topographie changeante pour planifier et exécuter des opérations militaires. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes requiert une nouvelle analyse plus régulière du terrain, une tâche qui nécessite des ressources spécialisées, dont des capacités géospatiales précises.

Quant aux facteurs humains, l'exposition à des températures extrêmes entraîne l'augmentation des maladies liées à la chaleur. En 2022, l'analyse des données du Service médical des forces armées sud-coréennes a révélé que 90,3 % des cas de malaises causés par la chaleur s'étaient produits dans l'armée de terre, les 9,7 % restants étant partagés entre la force aérienne, la marine et le corps des marines. En 2023, avec une hausse des températures de seulement 0,6 °C, les cas de troubles liés à l'exposition à la chaleur ont bondi de 25,9 %, avec une nouvelle flambée début juillet pendant un épisode de chaleur extrême. Les forces spécialisées dotées d'équipements spécifiques peuvent être confrontées à d'autres difficultés engendrées par la chaleur extrême⁷⁰. Par exemple, les opérations de défense chimique, biologique, radiologique et nucléaire (CBRN) reposent sur du matériel de protection chaud et encombrant qui devient difficile à utiliser dans des températures extrêmes⁷¹.

Les innovations et les normes élaborées par la Commission Facteurs humains et médecine (HFM) de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO) en matière de surveillance physiologique offriront bientôt une image plus précise et en temps réel des risques⁷². Une réévaluation des régimes de formation, des uniformes, du transport de charge tactique et des régimes d'effort physique peut s'avérer nécessaire pour atténuer ces risques⁷³.

Le milieu terrestre fait également face à des défis uniques en ce qui concerne les véhicules blindés. Des tests réalisés par le ministère de la Défense canadien pendant la guerre d'Afghanistan ont mis en lumière des risques importants pour les équipages des chars, qui sont devenus opérationnellement inefficaces sous 1 à 2 heures avec des températures externes de 35 à 44 °C⁷⁴. Des solutions de refroidissement personnel et/ou de micro-refroidissement ont été utilisées en vue d'atténuer ces effets⁷⁵. De telles solutions nécessitent de l'énergie, ce qui met une pression supplémentaire sur les exigences globales d'alimentation des véhicules. Elles rivalisent ainsi avec les capacités de combat, comme les mesures de défense active et passive et les capacités de renseignement, de surveillance et de reconnaissance (ISR).

Étude de cas : zone de tir et d'entraînement de Rovajärvi (Finlande)

La Laponie, la région la plus septentrionale de la Finlande, abrite le commandement de la défense aérienne de Laponie et la base aérienne prévue pour les premiers F-35 finlandais. Elle accueille également un entraînement au combat dans des conditions hivernales à Rovajärvi, la principale zone de tir des Forces armées finlandaises, qui est également la plus grande zone unifiée d'exercice militaire et d'entraînement au tir d'Europe de l'Ouest. Rovajärvi s'étend sur une superficie de 1 070 kilomètres carrés, dont près d'un tiers est consacré aux exercices de tir réel. Surtout destinée aux plus grands exercices militaires nationaux, auxquels participent jusqu'à 3 500 personnes, cette zone d'exercice est utilisée près de 200 jours par an, dont 135 en moyenne sont réservés au tir⁷⁶.

D'après une évaluation de la vulnérabilité et de l'exposition au changement climatique effectuée par le ministère finlandais de la Défense, la période 2011-2020 était plus chaude d'environ 0,6 °C que la période de référence 1981-2010, et le sud de la Laponie devrait se réchauffer de 1,9 à 5,8 °C d'ici la fin du siècle. Les risques climatiques les plus importants jusqu'à la moitié du siècle concernent la hausse moyenne des températures, des précipitations et de l'humidité quotidiennes. En parallèle, les jours de neige et de gel devraient diminuer selon les prévisions. En ce qui concerne la durée des saisons thermiques, les hivers devraient se raccourcir de 30 à 40 jours, les étés se prolonger de 20 à 30 jours, avec des printemps et des automnes qui resteront largement inchangés.

Les changements prévus du climat finlandais ont des conséquences sur l'efficacité et la disponibilité des Forces armées finlandaises. La diminution du gel des sols, combinée à la hausse des précipitations, peut compromettre la capacité portante des sols et affecter l'état de préparation opérationnelle en compliquant les déplacements pendant les entraînements. L'augmentation prévue des précipitations moyennes, la fréquence et l'intensité des jours de pluie, les tempêtes (y compris les pluies torrentielles) et les inondations pourraient avoir un impact direct sur les infrastructures et les routes existantes. La fréquence des pluies verglaçantes et des plus longues périodes de températures proches de zéro devrait augmenter en Laponie d'ici la moitié du siècle. À son tour, l'augmentation de l'accrétion de glace résultant des pluies verglaçantes pourrait affecter les équipements militaires et ainsi présenter des risques pour la santé et la sécurité des recrues et du personnel militaire.

Les hivers plus chauds avec des températures plus fluctuantes entraînent des cycles de gel-dégel répétitifs, qui endommagent les routes et d'autres infrastructures militaires, et peuvent donc freiner les déplacements pendant les entraînements. Les hivers plus chauds

et les périodes plus courtes de couverture neigeuse compliquent déjà l'entraînement au combat en conditions hivernales dans le sud de la Finlande. Cela pourrait s'étendre à la Laponie si les tendances au réchauffement se poursuivent. Comme partout ailleurs en Arctique, le dégel du pergélisol peut libérer des agents pathogènes piégés depuis longtemps dans la glace, présentant des risques sérieux pour la santé du personnel militaire et des populations arctiques.

Le plan d'adaptation au changement climatique 2023 du ministère de la Défense finlandais identifie un certain nombre de mesures pour gérer les risques climatiques pesant sur les activités militaires dans la région de Rovajärvi. Ces mesures comprennent la prise en compte des risques climatiques dans la gestion du cycle de vie du matériel militaire, en considérant l'évolution des conditions hivernales pour la formation des recrues, en examinant les instructions d'exploitation en cas d'inondations, de tempêtes et de pluies verglaçantes, et en améliorant la collecte de données sur les phénomènes météorologiques extrêmes ainsi que le renseignement médical et la surveillance des infections véhiculées par les tiques. Les incidences du changement climatique sont prises en compte tout au long du processus de planification de défense, ainsi que dans la budgétisation pour la maintenance des moyens et des équipements militaires. Parmi les autres problèmes :

- Les besoins en chauffage des bâtiments diminueront, tandis que les besoins en refroidissement augmenteront pendant la période estivale. Une plus grande automatisation des bâtiments doit être mise en place pour réguler la température, la circulation de l'air et les taux d'humidité.
- La disponibilité de sites d'élimination de neige adéquats et d'équipements de déneigement doit être assurée, en tenant compte des fortes variations annuelles de la couverture neigeuse.
- Les besoins en traitements de dégivrage/anti-givre augmenteront.
- La fatigue due à l'humidité accrue⁷⁷ peut nécessiter une maintenance et une réparation plus fréquentes des infrastructures et des équipements.
- À mesure que les déploiements internationaux se multiplient et que les tendances actuelles au réchauffement se poursuivent, on observe une nécessité croissante d'éliminer les espèces envahissantes et les agents pathogènes des équipements⁷⁸.

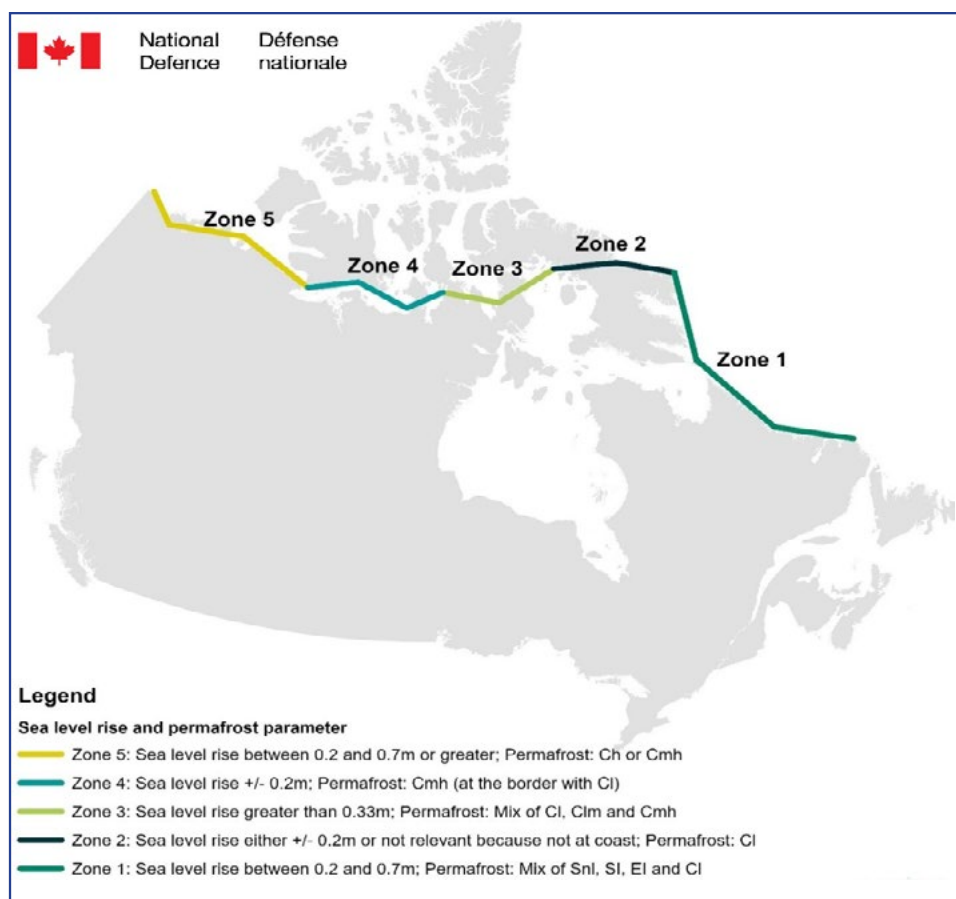
Étude de cas : système d'alerte du Nord (NWS)

Le système d'alerte du Nord (NWS) est un système radar d'alerte précoce utilisé par le Canada et les États-Unis pour la défense aérienne de l'Amérique du Nord. Le NWS est un réseau linéaire de stations radars situées dans le nord du Canada et en Alaska qui, ensemble, assurent la surveillance de l'espace aérien dans toute la région polaire de l'Amérique du Nord.

Le NWS couvre certains des paysages canadiens les plus vulnérables au changement climatique. Le risque d'érosion côtière, les variations du niveau de la mer et du régime de la glace de mer, le dégel du pergélisol et l'activité orageuse convective devraient tous augmenter tout au long du siècle. Certaines de ces conséquences

sont déjà observables à certains endroits. L'accès à ces sites et leur exploitation sont menacés par l'évolution du paysage du Nord.

Une évaluation de la vulnérabilité au changement climatique a été réalisée pour identifier les vulnérabilités parmi les sites NWS canadiens à un niveau régional, dans le cadre d'une plus vaste étude sur le portefeuille de la défense canadienne. Pour cette évaluation, la « ligne » NWS a été segmentée en cinq zones climatiques représentatives. La délimitation de ces zones climatiques était basée sur les conditions climatiques diverses liées aux caractéristiques du pergélisol et des fluctuations du niveau de la mer.



Légende de classification du pergélisol

Ch : continu ; teneur en glace élevée
Cmh : continu ; teneur en glace modérée à élevée
Clm : continu ; teneur en glace faible à modérée
Cl : continu ; teneur en glace faible
El : discontinu étendu ; teneur en glace faible
Sl : discontinu sporadique ; teneur en glace faible
Snl : discontinu sporadique ; teneur en glace nulle à faible

Le climat historique le long de la ligne NWS se caractérise par des hivers froids, des étés froids à doux et des précipitations toute l'année. Le changement climatique induira une augmentation des températures tout au long de l'année, avec une hausse particulièrement marquée pendant les mois d'hiver. Le nombre de jours de froid extrême sera moindre, les températures minimales annuelles augmenteront et les vagues de froid se feront plus rares. La fréquence des jours de chaleur extrême (avec une température maximale supérieure à 24 °C) et des vagues de chaleur devrait augmenter.

Par ailleurs, une augmentation de 37 à 69 % des précipitations annuelles parmi les sites NWS et une évolution saisonnière des régimes de précipitations sont attendues d'ici le milieu du siècle. La durée et la gravité des sécheresses devraient augmenter, tout comme la fréquence des épisodes de fortes précipitations. Un épisode de précipitations extrêmes qui était auparavant attendu tous les 100 ans se produira tous les 14 à 23 ans d'ici le milieu du siècle. La multiplication des épisodes de fortes précipitations de courte durée est due en partie à une hausse de l'activité orageuse convective, qui entraînera également une augmentation attendue des impacts de foudre. En outre, la fréquence et la gravité des feux de forêt devraient s'accroître. Ces tendances influencées par le climat le long de la ligne NWS devraient également s'intensifier tout au long de la seconde moitié du siècle.

L'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique se concentrait sur les conséquences pour l'infrastructure NWS, avec des catégories basées sur des archétypes de propriétés (p. ex. bâtiments,

équipements électroniques sensibles, et infrastructures d'alimentation et de chauffage). Celles-ci ont été évaluées dans un scénario d'émissions élevées par rapport à des indicateurs de risque pour des éléments tels que les infrastructures, la capacité opérationnelle, les coûts financiers et le bien-être des membres des Forces armées canadiennes et du personnel civil.

Plusieurs vulnérabilités notables au changement climatique ont été identifiées par le NWS. Voici trois exemples clés :

- La perte de glace de mer et la variation du niveau de la mer (qui devrait s'élever dans certaines zones et baisser dans d'autres) augmentent l'exposition des côtes aux marées, aux vagues turbulentes et aux ondes de tempête, ce qui se traduit par une érosion et une sédimentation accrues le long de la ligne NWS, mettant en péril les points d'accès côtiers et les infrastructures basées à terre.
- Le dégel du pergélisol entraîne une instabilité du terrain et un tassement irrégulier des sols de surface, mettant en péril l'intégrité des infrastructures, des pistes, des pipelines de carburant et d'autres infrastructures basées à terre.
- L'augmentation de l'activité de feux de forêt dans l'ensemble du pays entraîne la dégradation de la qualité de l'air et de la visibilité, ce qui pourrait entraver l'accès aux sites NWS distants et leur exploitation pendant la saison de maintenance.

Milieu d'opérations aérien

Le changement climatique a un impact significatif sur tous les aspects du milieu aérien — des performances physiques des aéronefs à la sécurité des équipements et des infrastructures, en passant par la structure et la planification des opérations aériennes⁷⁹. La nature interconnectée du défi nécessite une approche globale de trois domaines clés : l'espace aérien, les missions et opérations aériennes, ainsi que les équipements aériens. L'analyse suivante des conséquences du changement climatique sur le milieu d'opérations aérien est étayée par deux études de cas : « Hélicoptères navals – Voilure tournante » et « Avions de transport C-17 ».

À commencer par l'espace aérien, le changement climatique engendre des fluctuations importantes des conditions environnementales, ce qui se traduit par une instabilité et une imprévisibilité météorologiques accrues, des turbulences intensifiées et une fréquence plus élevée de phénomènes météorologiques extrêmes. Les aéronefs doivent donc opérer dans des conditions plus difficiles, ce qui complique la planification des vols et augmente les risques. En particulier, la hausse des températures réduit la masse volumique de l'air, ce qui constitue sans doute le facteur physique le plus important qui affecte les performances des aéronefs (lors du décollage et de l'atterrissage)⁸⁰.



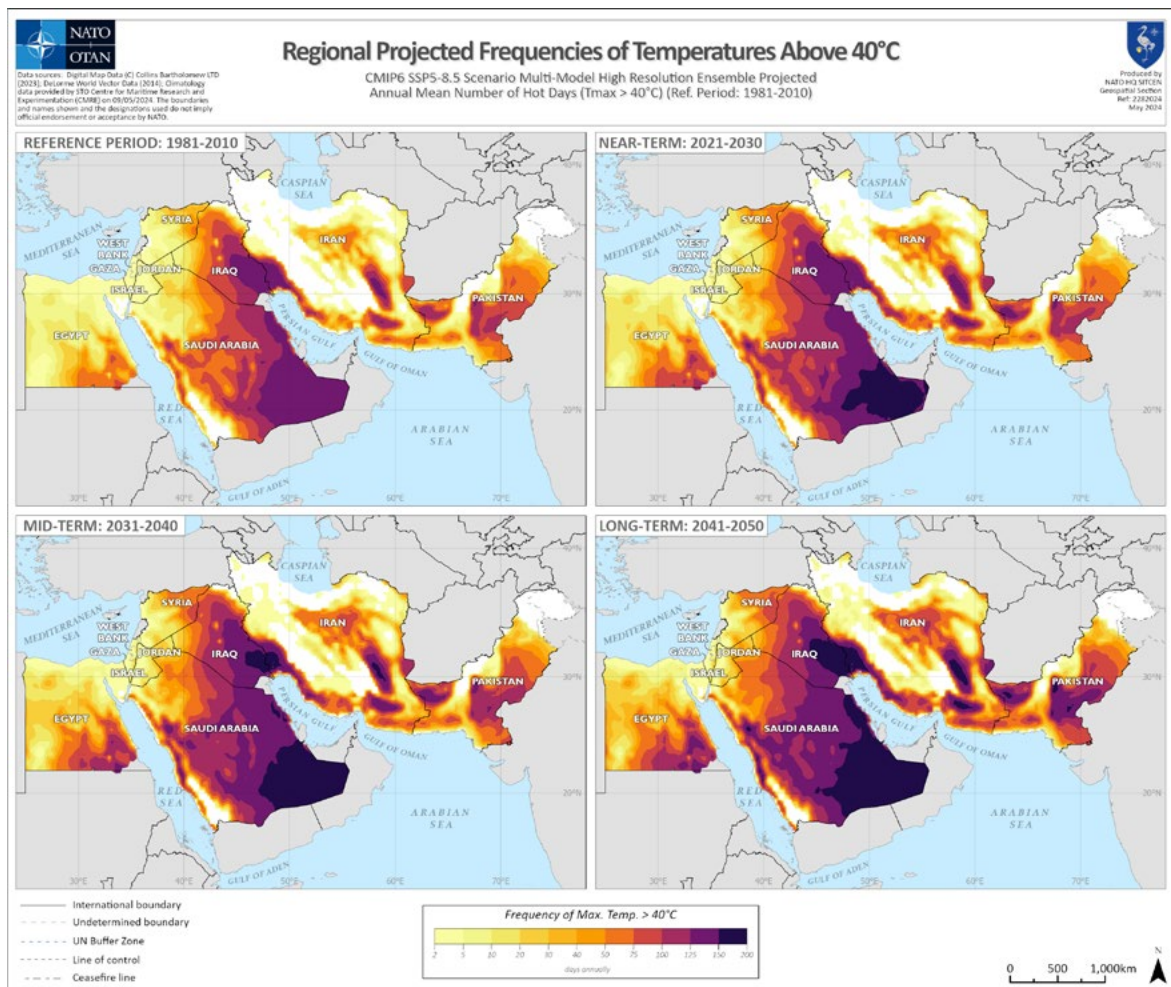
Étude de cas : hélicoptères navals – Voilure tournante

Les aéronefs à voilure tournante, ou giravions, génèrent une portance en tournant autour d'un mât vertical. La hausse des températures due au changement climatique augmentera l'altitude densimétrique, ce qui influencera négativement les performances des giravions en réduisant la puissance du moteur et l'efficacité du rotor. La marge de puissance, la masse maximale au décollage, le plafond de vol stationnaire et la vitesse ascensionnelle s'en trouveront alors réduits. Par ailleurs, il a été démontré que des conditions sèches et poussiéreuses entraînent plus de dommages aux composants en raison de l'ingestion de sable par les turbines à gaz. Les conditions de visibilité dégradées ont également été décrites comme un risque majeur pour les giravions.

En 2023, le CMRE de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO) a étudié l'impact de futurs scénarios de « jours chauds » sur la capacité de levage des hélicoptères navals⁸¹. D'après les données tirées des normes militaires du département de la Défense des États-Unis et du manuel d'exploitation d'un hélicoptère naval moyen-lourd, lorsque la température de l'air est de 40 °C, la masse maximale au décollage au niveau de la mer est sévèrement affectée, limitant les capacités opérationnelles nécessaires pour transporter du carburant embarqué, du personnel, des armes et des équipements. Ces difficultés sont particulièrement exacerbées lorsque de hautes températures sont mesurées à des altitudes de décollage déjà élevées, par exemple des points d'atterrissage alpins et des bases aériennes.

Compte tenu de ces considérations, l'étude s'est concentrée sur le « nombre de jours chauds » dans une année pendant lesquels la température de l'air est supérieure à 40 °C, en s'appuyant sur les données de quatre modèles climatiques haute résolution (20-40 km) du programme CMIP6 dans le scénario le plus pessimiste, SSP5-8.5. Les prévisions à 10 et 30 ans ont été comparées à la période de référence (1981-2010).

L'analyse de la période 1981-2010 à l'échelle mondiale met en lumière plusieurs zones particulièrement vulnérables au changement climatique où le nombre annuel de jours dépassant 40 °C est déjà élevé, en particulier en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, sur le sous-continent indien et en Australie. Les prévisions basées sur les données des modèles de circulation générale (MCG) anticipent de fortes hausses du nombre de jours dépassant les 40 °C dans les zones citées, ainsi que leur multiplication dans de nouvelles régions, à savoir l'Amérique du Nord, l'Asie centrale, du Sud-Est et de l'Est, l'Europe et l'Afrique australe. Si l'on s'intéresse de plus près au nombre de jours où la température est supérieure à 40 °C dans le secteur allant de l'équateur au 60° parallèle nord et de l'Afrique de l'Ouest à l'Inde de l'Ouest, on constate une nette augmentation pour la décennie 2041-2050 en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, en Iran, au Pakistan, en Inde et en Asie centrale, ainsi qu'une hausse plus modérée au sud de l'Espagne et dans d'autres régions européennes. Les résultats indiquent que la température de l'air dans les régions océaniques ne devrait pas dépasser régulièrement les 40 °C avant au moins 2050, la fin de notre période d'analyse, à l'exception de la région du



Golfe. Les opérations de levage par hélicoptère naval vont probablement se compliquer dans de nombreux contextes opérationnels (en particulier les opérations sur terre), car la hausse des températures limite le domaine d'emport maximal.

Des adaptations stratégiques et tactiques à la formation selon les nouvelles réalités, le changement climatique affectera la planification et l'exécution des missions et des opérations des forces aériennes. À mesure que les régimes météorologiques deviendront de plus en plus variables, la flexibilité de la planification des missions opérationnelles, des stratégies de déploiement et du soutien logistique revêtira une importance croissante pour les activités aériennes. Les conséquences des turbulences en air clair, qui devraient augmenter en raison du changement climatique, en sont un exemple notable⁸². Avec l'intensification de la fréquence et de la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes, la demande de réponse aux catastrophes augmentera, faisant peser une pression supplémentaire sur les moyens aériens.

Enfin, le changement climatique engendre des défis interconnectés pour les équipements aériens, qui nécessitent une maintenance plus fréquente, compliquant ainsi la logistique opérationnelle et affectant la disponibilité. Puisque les moteurs génèrent une moindre poussée nominale dans l'air moins dense, des températures plus élevées réduisent leurs performances et compromettent les capacités de levage compte tenu des distances plus longues requises pour le décollage et l'atterrissage. Les effets du changement climatique, tels que les phénomènes météorologiques extrêmes et l'élévation du niveau de la mer, présentent des risques pour les infrastructures nécessaires au fonctionnement efficace des équipements aériens, comme les bases aériennes côtières. La deuxième étude de cas se concentre sur les conséquences du réchauffement des températures de l'air sur la quantité de fret qu'un avion de transport militaire peut prendre en charge.

Étude de cas : capacité de fret des avions militaires de transport

En tant qu'avion de transport le plus flexible de la flotte de l'US Air Force, le C-17 Globemaster III fournit une étude de cas intéressante des défis auxquels fait face le secteur du transport aérien. Si l'US Air Force demeure le principal utilisateur du C-17, deux Alliés (le Canada et le Royaume-Uni) possèdent et utilisent des C-17, tout comme la capacité de transport aérien stratégique multinationale, qui comprend 12 pays membres de l'OTAN.

Cette étude de cas souligne les conclusions d'un projet de recherche mené en 2022 à l'université George Mason⁸³, qui s'appuyait sur des données prévisionnelles du réchauffement climatique couvrant la période 2020-2099 pour évaluer comment la hausse des températures affecte l'altitude densimétrique et, par conséquent, les performances du C-17. Plus particulièrement, ces recherches étaient basées sur des températures et des valeurs d'humidité relative prévisionnelles dans le scénario le plus pessimiste, d'après les ensembles de données du programme CMIP5 et le RCP 8.5 pendant chaque période de 20 ans entre 2020 et 2099, ainsi que sur les données d'élévation concernant la région visée par l'étude. Six zones d'altitude densimétrique ont été identifiées : ≥ 215 m, ≥ 430 m, ≥ 730 m, $\geq 1\,490$ m, $\geq 2\,188$ m et $\geq 2\,545$ m. Selon les conclusions de ces recherches, l'augmentation de l'altitude densimétrique entraîne une dégradation accrue des performances, se traduisant par une restriction de masse pour les C-17. L'étude a évalué chacun des six commandements de composante de combat géographiques américains et les a classés selon le nombre de mois par an où un emplacement spécifique serait soumis à la restriction de masse au décollage. L'évaluation suivante tient compte de certaines des principales incidences du changement climatique sur le Commandement des forces des États-Unis pour l'Afrique (USAFRICOM), couvrant l'ensemble de l'Afrique à l'exception de l'Égypte.

- Au premier seuil (≥ 215 m), la charge utile maximale du C-17 est réduite de 8,5 %, ce qui équivaut à environ 6 600 kilos. Pour contextualiser, la capacité de charge utile maximale du C-17 est de 77 500 kilos. Concrètement, cela réduirait la capacité de fret du C-17 d'au moins un hélicoptère UH-60 Blackhawk. Dans le cas de la région USAFRICOM, ce n'est que dans le premier segment de la période de réchauffement (2020-2039) qu'on constate une réduction de la charge utile de 8,5 % tout au long de l'année.

- À la troisième altitude densimétrique (≥ 730 m), la charge utile maximale du C-17 est réduite de 30 %, ce qui équivaut à une diminution de 22 700 kilos de la charge utile maximale autorisée au décollage. Concrètement, cela réduirait la capacité de fret du C-17 d'au moins un véhicule de combat d'infanterie M2A2 Bradley. Cela s'appliquerait à plus de 70 % de la région USAFRICOM tout au long de l'année d'ici 2099. En outre, presque 10 % supplémentaires de la zone de responsabilité de l'USAFRICOM devraient être classés comme « dégradation critique des performances » d'ici 2099, ce qui veut dire que le C-17 serait soumis 10 à 11 mois par an à la réduction de la charge utile avoisinant les 30 %.
- Au quatrième seuil d'altitude densimétrique ($\geq 1\,490$ m), la charge utile maximale du C-17 est réduite de 58,5 %. D'un point de vue tactique, le C-17, qui est conçu pour transporter deux véhicules M2A2 Bradley, ne sera plus capable d'en transporter aucun, compte tenu de la réduction prévue de 45 400 kilos de la masse au décollage.

L'étude identifie un défi stratégique pour les capacités de charge utile des avions militaires, indiquant que les moyens de transport aérien stratégique seront considérablement dégradés, ce qui limitera la possibilité future de mener des opérations aériennes en Afrique, qu'elles soient militaires ou humanitaires. D'un point de vue tactique, cela signifie que dans l'ensemble de l'Afrique, un transport aérien qui aurait précédemment nécessité seulement cinq vols de C-17 à la charge utile maximale en exigera un sixième. Même si le C-17 demeurera un atout précieux dans de tels contextes opérationnels jusqu'à 2099, son efficacité et sa capacité seront réduites, conduisant à des adaptations de la planification et de la logistique.

Outre la diminution des performances du C-17 Globemaster III, analysée dans l'étude de l'université George Mason, les capacités et les performances des hélicoptères, des navires-citernes, des bombardiers et des avions de combat devraient également se dégrader avec le réchauffement climatique. Comme le concluent les auteurs du rapport, les pays de l'OTAN doivent considérer le changement et le réchauffement climatiques comme des variables stratégiques et tactiques qui menacent la capacité des forces militaires des Alliés à mener des opérations avec le niveau d'efficacité promis par leurs avions actuels.

Milieu d'opérations spatial

Le concept stratégique 2022 reconnaît que le maintien d'un accès illimité à l'espace extra-atmosphérique et son utilisation sécurisée sont essentiels pour la défense collective et la sécurité de l'OTAN. De plus en plus, les effets du changement climatique mettent à l'épreuve la capacité des membres de l'OTAN à mener des opérations efficacement dans l'espace extra-atmosphérique et limitent la valeur potentielle que les capacités spatiales peuvent apporter aux missions et aux opérations de l'OTAN. Les régimes météorologiques défavorables et l'évolution rapide des conditions environnementales aggravent encore le problème, notamment dans le cas où un satellite doit être remplacé rapidement suite à sa perte ou à sa défaillance.

Le changement climatique peut affecter les infrastructures essentielles basées à terre qui sont critiques pour les opérations spatiales, comme les stations au sol, les aéroports, les tours de communication, les pas de tir ou les satellites qui n'ont pas encore été lancés. En 2024, la base de lancement d'Andøya en Norvège, le premier port spatial opérationnel d'Europe continentale, a été touchée par trois violentes tempêtes consécutives avec des rafales jusqu'à 200 km/h, qui ont endommagé les infrastructures de lancement et l'une des tours de communication d'Andøya. De plus, les principaux sites de lancement des membres de l'OTAN, à savoir la base de Cap Canaveral en Floride, la base de Vandenberg en Californie et le Centre spatial guyanais, sont situés près des côtes et sont de plus en plus menacés par l'érosion côtière, l'élévation du niveau de la mer et les inondations. Selon les estimations de la NASA, par exemple, le Centre spatial Kennedy devrait connaître une inondation majeure par an d'ici 2050, des inondations mineures toutes les semaines et une

élévation de 30 à 46 cm du niveau de la mer dans un « scénario d'émissions élevées »^{84 85}. Comme le souligne un article de la Revue de l'OTAN publié en 2022 au sujet du lien entre climat et espace, les conséquences du changement climatique sont plus préoccupantes pour les capacités spatiales des Alliés que pour celles de la Russie et de la RPC. En effet, la majorité des sites de lancement exploités par la Russie et la RPC sont situés à l'intérieur des terres, bénéficiant ainsi de conditions météorologiques plus stables⁸⁶.

Certains critères météorologiques spécifiques, comme la température, la couverture nuageuse, les précipitations, les vents au décollage et la foudre, doivent être remplis afin de s'assurer qu'une roquette est sécurisée tout au long de son processus de lancement. De forts cisaillements du vent dans les couches inférieures et supérieures de l'atmosphère sont difficiles à prévoir et peuvent influencer les trajectoires de lancement des satellites et des missiles. En 2023, le lancement du satellite militaire américain NROL-70 a été reporté de deux semaines à cause de mauvaises conditions météorologiques, tout comme le lancement du premier satellite turc (IMECE)⁸⁷. Les modifications des régimes météorologiques, associées au dépassement des limites acceptables pour les paramètres ci-dessus, devraient devenir plus fréquentes et intenses à mesure que la planète se réchauffe. Celles-ci menaceront les chances de réussite d'opérations spatiales complètes dans certaines régions à l'avenir⁸⁸. Le niveau de vulnérabilité et d'exposition variera en fonction de l'emplacement géographique.

Milieu d'opérations cyber

L'intersection de la cyberdéfense et du changement climatique constitue un domaine de préoccupation complexe et de plus en plus critique. Alors que le monde devient plus interconnecté et dépendant des technologies numériques, la probabilité que des actes de cybermalveillance aggravent les problèmes liés au changement climatique augmente. Qu'il s'agisse de pirater les systèmes de surveillance de l'environnement, de manipuler des données ou de mener des campagnes de désinformation climatique, les façons dont les risques cyber et le changement climatique s'entrecroisent sont nombreuses et variées.

Des données précises sont essentielles pour les prévisions climatiques, la modélisation et l'élaboration de politiques éclairées. Les cyberattaques impliquant la manipulation ou le vol de données environnementales peuvent entraver les efforts de surveillance du changement climatique et de mise en œuvre de politiques efficaces. Les opérations de piratage et de fuite de données⁸⁹, lors desquelles des données sont volées ou font l'objet de fuites et sont potentiellement altérées, devraient être une source de préoccupation en ce qui concerne les données et politiques environnementales.

Étude de cas : transition énergétique et désinformation climatique

Les défis environnementaux auxquels l'OTAN fait face sont exacerbés par la désinformation climatique. Des acteurs malveillants cherchent à éroder la pression du public et la volonté politique nécessaire à une action climatique ambitieuse, ainsi qu'à détourner l'attention et les ressources des initiatives d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ce dernier.

Des acteurs soutenus par le Kremlin propagent le discours du déni du changement climatique au sein de l'Alliance, tout en tentant activement de faire dérailler les politiques d'atténuation du changement climatique et les investissements dans les énergies renouvelables⁹⁰. Les médias officiels russes amplifient constamment l'incertitude autour du changement climatique et minimisent le phénomène en le présentant comme exagéré ou même positif. Ils font passer le réchauffement climatique pour une « affabulation » et les plans de réduction des émissions pour une forme d'« impérialisme occidental » visant à freiner le développement des économies émergentes⁹¹. Le déni du changement climatique anthropique persiste en Russie. Celui-ci s'explique en grande partie par les liens entre le secteur des combustibles fossiles et le pouvoir politique, ainsi que par la dépendance du pays vis-à-vis des combustibles fossiles comme principale source de revenus du gouvernement. Le pouvoir politique continue d'être détenu par des individus qui remettent en cause le consensus scientifique sur le changement climatique⁹².

Une hausse notable de la désinformation russe liée à la transition énergétique européenne a été observée depuis le début de l'invasion à grande échelle de l'Ukraine par la Russie. D'après l'analyse de l'environnement informationnel de l'OTAN pour la période allant de mai 2022 à mai 2024, la Russie a été identifiée comme le principal émetteur de communications hostiles dans les conversations en ligne concernant la transition énergétique sur les réseaux sociaux et dans les médias d'actualité sur le Web⁹³. En 2023, les tentatives de mésinformation et de désinformation ont été évidentes à l'approche de la Conférence sur les changements climatiques, ou COP28, organisée par les Nations Unies à Dubaï. Dans un rapport publié en 2023 par Climate Action Against Disinformation (CAAD), une coalition de plus de 50 organisations de premier plan spécialisées dans le climat et la lutte contre la désinformation, la Russie et la RPC étaient répertoriées parmi les pays propageant la désinformation climatique. Des

comptes soutenus par l'État russe ont pollué les débats climatiques en lançant des campagnes d'influence qui ciblaient les pays occidentaux ainsi que les économies émergentes et en développement, respectivement⁹⁴. Des comptes russes calomnient régulièrement des militants pour le climat — via des attaques personnelles en ligne, une désinformation genrée et des descriptions explicitement négatives de militantes — et des rassemblements sur le changement climatique dans toute l'Europe^{95,96}.

Il a été établi que les adversaires potentiels et les concurrents stratégiques de l'OTAN profitent des catastrophes naturelles pour lancer des campagnes d'influence malveillantes, dans l'objectif d'exploiter les émotions, de susciter la méfiance envers la réponse officielle et d'entraver la capacité des Alliés à répondre efficacement aux crises, en particulier à un moment où les communautés sont les plus vulnérables et où les institutions locales sont submergées⁹⁷. La désinformation sur les catastrophes peut également freiner les efforts de sauvetage et d'aide, ce qui entraîne des blessés inutiles et une souffrance humaine qui aurait pu être évitée.

La série d'incendies de forêt qui a touché l'île de Maui dans l'archipel d'Hawaï en août 2023 a été source d'un grand nombre de mensonges et de théories du complot. Une campagne secrète en ligne née en RPC suggérait que la catastrophe n'était pas naturelle mais plutôt le résultat délibéré des tests d'une « arme météorologique » secrète par des agences de renseignement américaines et par l'armée⁹⁸. La Russie a également exploité les incendies de Maui à des fins politiques : un jour après le début des incendies, une campagne sur les réseaux sociaux a commencé à diffuser l'expression « Hawaii, not Ukraine », suggérant que les États-Unis feraient mieux de se concentrer sur l'aide en cas de catastrophe au sein de ses frontières plutôt que de soutenir l'Ukraine⁹⁹.

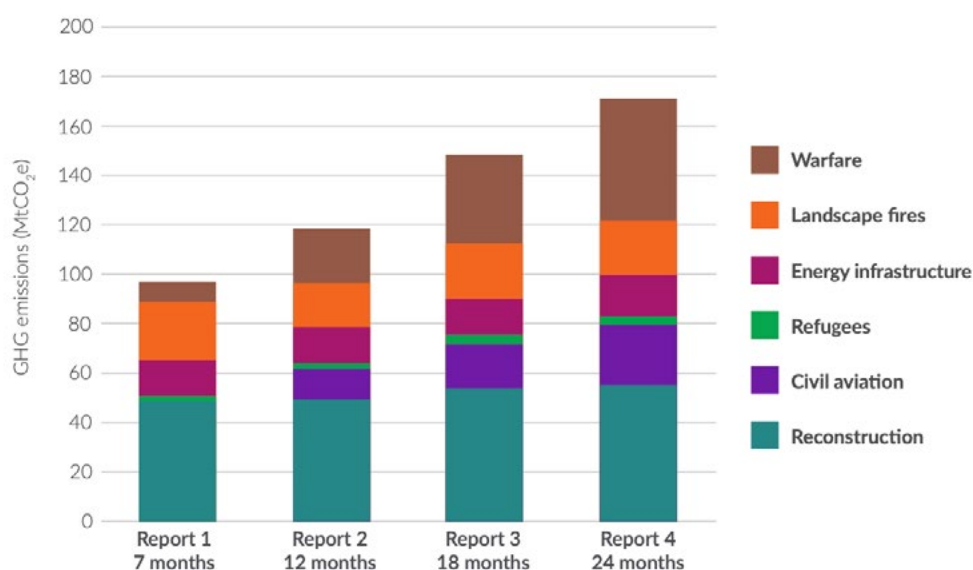
Les cybercriminels qui participent à la désinformation climatique sont souvent impliqués dans d'autres formes de désinformation. Les théories du complot climatonegationnistes, antivax, pro-russes et du « nouvel ordre mondial » vont généralement ensemble¹⁰⁰.

Étude des incidences sur le climat de la guerre de la Russie contre l'Ukraine

Les conflits militaires sont un important facteur du changement climatique et des dommages environnementaux. La guerre d'agression menée par la Russie en est un exemple frappant : en plus de la souffrance humaine, l'invasion a eu des retombées dévastatrices sur le climat et l'environnement, avec des conséquences importantes sur l'Ukraine et au-delà de ses frontières. Bien que les estimations varient, les analystes suggèrent que jusqu'à 175 millions de tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (CO₂e) ont été émises pendant les 24 premiers mois de la guerre (voir le graphique ci-dessous)¹⁰¹. Les incendies de forêt causés par des attaques ciblant des gisements pétroliers, des navires-citernes, des raffineries et d'autres activités hostiles ont consommé des champs et des forêts, rejetant des émissions supplémentaires dans l'atmosphère et diminuant la capacité des forêts à absorber les émissions de carbone¹⁰². Parallèlement, les restrictions de l'espace aérien au-dessus de l'Ukraine (et de la Russie) ont augmenté l'empreinte carbone du secteur de l'aviation, étant donné que les avions civils volent plus longtemps et empruntent des itinéraires plus gourmands en carburant. Les dégâts climatiques totaux sont estimés à plus de 32 milliards de dollars des

États-Unis (USD)¹⁰³. Tout aussi préoccupant, la Russie brûle du gaz naturel, rejetant environ 9 000 tonnes de CO₂e par jour, en raison des conditions du marché engendrées par son invasion injustifiée¹⁰⁴.

D'après les estimations, la reconstruction d'après-guerre pourrait constituer la principale source globale d'émissions de GES associée à l'invasion à grande échelle de l'Ukraine par la Russie¹⁰⁵. Le relèvement de l'Ukraine après le conflit nécessitera la reconstruction d'infrastructures critiques, de logements, d'édifices publics et de sites industriels dans l'ensemble du pays — et même de villes entières dans les régions les plus dévastées. L'ampleur de cette reconstruction nécessaire, en particulier la production de béton et de ciment, pourrait produire une quantité significative d'émissions supplémentaires¹⁰⁶. Pour la reprise économique de l'Ukraine, ainsi que pour sa sécurité nationale et environnementale, il sera essentiel de s'assurer que la reconstruction et le relèvement d'après-guerre se font dans le respect de l'environnement. L'Ukraine et ses partenaires internationaux partagent cette vision.



Augmentation des émissions dues à la guerre

Source : Lennard de Klerk et al., « Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine : 24 February 2022 - 23 February 2024 », 13 juin 2024.

Notes de fin

1. Organisation météorologique mondiale, « OMM : Les indicateurs du changement climatique ont atteint des niveaux record en 2023 », 19 mars 2024.
2. UNCCD, « The Global Land Outlook - Second Edition », 27 avril 2022.
3. Timothy Clack, Ziya Meral et Louise Selisny, *Climate Change, Conflict and (In)Security* (Routledge Advances in Defence Studies, 2023).
4. Notamment le sixième rapport d'évaluation (AR6) du GIEC, le National Intelligence Estimate 2021 et l'Annual Threat Assessment 2023 de la communauté du renseignement des États-Unis.
5. Karen Sudkamp et al., « Planning for an Uncertain Future : What Climate-Related Conflict Could Mean for U.S. Central Command », *RAND*, 29 novembre 2023.
6. Rachael Gosnell et Joseph Thomas, « European Security Seminar North : A Cooperative Future ; Opportunities for the Arctic - 7 », GCMC, 23 septembre 2023.
7. Thane Gustafson, *Klimat : Russia in the Age of Climate Change*, Harvard University Press, 2021.
8. Bobo Lo, « The Adaptation Game : Russia and Climate Change », *Institut français des relations internationales (Ifri)*, mars 2021.
9. Jiayi Zhou, « National Climate-Related Security Policies of the Permanent Member States of the United Nations Security Council », *Institut international de recherche sur la paix de Stockholm (SIPRI)*, décembre 2017.
10. Voir, par exemple, Erin Sikorsky, « China's Climate Security Vulnerabilities », *Center for Climate and Security – Council on Strategic Risks*, novembre 2022.
11. Jim Bronskill, « Climate Change Could Be Avenue for Adversaries to Harm Canada, Spy Service Warns », *Toronto Star*, 16 décembre 2023.
12. « Climate diplomacy in turbulent times : EU and China re-engage », *Mercator Institute for China Studies (MERICS)*, 4 décembre 2023.
13. Michael Brzoska, « Climate Change and the Military in China, Russia, the United Kingdom, and the United States », *Bulletin of the Atomic Scientists* 68, n° 2 (mars 2012) : 43-54 ; Liu Xuanzun, « PLA shows multi-tasking capabilities in war-readiness and flood relief », *Global Times*, 22 juillet 2020.
14. Eric Garshick et Paul D. Blanc, « Military Deployment-Related Respiratory Problems : An Update », *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 29, n° 2 (4 janvier 2023) : 83-89.
15. Pour en savoir plus sur la mission OTAN en Iraq, consultez la deuxième édition (2023) de l'étude des incidences du changement climatique sur la sécurité.
16. OSCE, « Regional Assessment for South-Eastern Europe Security Implications of Climate Change », 2021.
17. *Ibid.*
18. Les tensions exacerbées dans la région tout au long de l'année 2023 ont conduit l'OTAN à déployer temporairement des troupes supplémentaires pour s'assurer que la KFOR dispose des forces dont elle a besoin pour s'acquitter impartialement de son mandat auprès des Nations Unies.
19. Résolution 1244 du Conseil de sécurité de l'ONU : maintenir un environnement sûr et sécurisé et garantir la liberté de mouvement au bénéfice de toutes les communautés du Kosovo, en toutes circonstances et en toute impartialité ; considérant que la KFOR est le troisième intervenant en matière de sécurité dans le pays, après la police du Kosovo qui est le premier et la mission « État de droit » de l'UE (EULEX) qui est le deuxième.
20. OTAN, « La KFOR vient en aide aux autorités de Skopje à la suite de graves inondations », 26 août 2016.
21. Pristina Insights, « Floods across Kosovo Cause Disruptions and Evacuations », *Pristina Insight*, 11 janvier 2021.
22. *Ibid.*
23. L'analyse s'est appuyée sur les données du programme CMIP6 en se concentrant sur les prévisions à court, moyen et long terme et les prévisions pour la fin du siècle selon les trajectoires socioéconomiques partagées (SSP) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dont le scénario le plus pessimiste, SSP5-8.5, qui prévoit une hausse des températures de 2,5 °C, et le scénario de statu quo, SSP3-7.0, qui table sur un réchauffement de 2,1 °C. Groupe de la Banque mondiale, « World Bank Climate Change Knowledge Portal », [Worldbank.org](https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data), 2018, <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>
24. OSCE, « Regional Assessment for South-Eastern Europe Security Implications of Climate Change », 2021.
25. USAID, « Climate Change Risk Profile : Kosovo », janvier 2017.
26. Par exemple, l'aéroport de Munich, hub mondial de premier plan, a été contraint d'annuler plus de 700 vols sur un week-end en raison du blocage de pistes, de surfaces gelées et de défis logistiques aggravés par les conditions météorologiques.
27. Allyson Chiu, « With Extreme Heat, We Can't Build Roads and Railways as We Used To », *Washington Post*, 20 juillet 2022.
28. Nokia Bell Labs, « Making Networks Resilient to Climate Change », 15 février 2024.
29. « Infrastructure Breaks under Extreme Heat », BSR, juillet 2022, <https://www.bsr.org/en/emerging-issues/infrastructure-breaks-under-extreme-heat>
30. *Ibid.*
31. Andrea Willige, « Hydropower : How droughts are affecting the world's biggest renewable energy source », *Forum économique mondial (FEM)*, 28 novembre 2023.
32. Centre commun de recherche, « JRC MARS Bulletin - Crop Monitoring in Europe - July 2022 - Vol. 30 No 7 », JRC Publications Repository, 25 juillet 2022.
33. Eurostat, « Forte baisse de la production céréalière en 2022 », 8 novembre 2023, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231108-2?ettrans=fr>
34. Nature Medicine, « Heat-Related Mortality in Europe during the Summer of 2022 », *Nature Medicine* 29, n° 29 (10 juillet 2023) : 1-10.
35. Plus particulièrement, l'Allemagne et la France ont fait état de 3 200 et 5 000 décès respectivement dus à la vague de chaleur de 2023.
36. Conseil sur les risques stratégiques, « Military

- Responses to Climate Hazards Tracker – MIRCH Update : Key Takeaways from Tracking Climate-Related Military Deployments », 18 janvier 2024.
37. Timothy Clack, Ziya Meral et Louise Selisny, *Climate Change, Conflict and (In)Security* (Routledge Advances in Defence Studies, 2023).
 38. Contribution du Centre pour la recherche et l'expérimentation maritimes (CMRE) de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie.
 39. NOAA, « The Atlantic Meridional Overturning Circulation Is Weakening in the Deep Sea of the North Atlantic Ocean, Study Finds », *Climate.Gov*, 23 avril 2024.
 40. Andrea Gilli et al., « Climate Change and Military Power : Hunting for Submarines in the Warming Ocean », *Texas National Security Review*, 4 mars 2024.
 41. « Étude OTAN des incidences du changement climatique sur la sécurité : deuxième édition », 28 juin 2023.
 42. L'évaporation de la surface de la Terre, en particulier en mer, peut provoquer une inversion de l'indice de réfraction atmosphérique, qui à son tour entraîne une déviation des ondes électromagnétiques (EM) haute fréquence émises par un radar (ou un système de communication EM) situé dans la couche de surface atmosphérique concernée par l'inversion. Une telle déviation augmente l'énergie EM se propageant au sein de la couche de surface (effet de conduit permettant éventuellement une détection transhorizon) et réduit l'énergie EM se propageant en hauteur (générant potentiellement des failles de détection par les radars).
 43. Sherri Goodman et al., « Maritime response to climate change », dans Timothy Clack, Ziya Meral et Louise Selisny, *Climate Change, Conflict and (In)Security* (Routledge Advances in Defence Studies, 2023).
 44. La perte de transmission désigne la réduction d'intensité des signaux acoustiques transmis entre deux points sous l'eau.
 45. Enda Murphy et Eoin King, « Chapter 2 - Principles of Environmental Noise », dans *Environmental Noise Pollution - Second Edition* (Elsevier Inc., 2022).
 46. Informations fournies par le Centre pour la recherche et l'expérimentation maritimes (CMRE) de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO).
 47. Andrea Gilli et al. « Climate Change and Military Power : Hunting for Submarines in the Warming Ocean », *Texas National Security Review*, 4 mars 2024.
 48. Selon les projections d'un modèle climatique du programme CMIP5 dans le scénario le plus pessimiste RCP 8.5 (sensiblement équivalent au scénario SSP5-8.5).
 49. Andrea Gilli et al., « Climate Change and Military Power : Hunting for Submarines in the Warming Ocean », *Texas National Security Review*, 4 mars 2024.
 50. *Ibid.*
 51. De nouvelles études sont actuellement menées par le CMRE de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO). Elles ont pour objectif de procéder à une évaluation plus générale des modifications futures possibles de la vitesse du son et du bruit ambiant, ainsi que de leurs effets attendus sur les performances des sonars et des communications acoustiques sous-marines dans les domaines d'intérêt de l'OTAN.
 52. Rachael Gosnell et Joseph Thomas, « European Security Seminar North : A Cooperative Future ; Opportunities for the Arctic - 7 », GCMC, 23 septembre 2023.
 53. Rene Heise, « NATO Is Responding to New Challenges Posed by Climate Change », *Revue de l'OTAN*, 1er avril 2021.
 54. Bureau du sous-secrétaire à la Défense pour les acquisitions et le maintien en puissance, « Permafrost Thaw on Infrastructure, Facilities, and Operations of the Department of Defence », mai 2023.
 55. Trine Jonassen, « The Arctic Is Burning – and It Is Changing the World », *High North News*, avril 2024.
 56. North-Atlantic Civil-Society Working-Group on Environment and Security, « Sustainable Peace & Security in a Changing Climate : Recommendations for NATO 2030 », avril 2021.
 57. Contribution du groupe SAS-182, « Background Paper : Climate Security on NATO's Arctic-North Flank », avril 2024.
 58. Rachael Gosnell et Joseph Thomas, « European Security Seminar North : A Cooperative Future ; Opportunities for the Arctic - 7 », GCMC, 23 septembre 2023.
 59. Bellona, « Monthly Highlights from the Russian Arctic, January 2024 », [Bellona.org](https://bellona.org), 21 février 2024.
 60. Duncan Depledge, « NATO and the Arctic : The Need for a New Approach », RUSI, 21 janvier 2021.
 61. Si la fonte de la glace de mer élargira les opportunités d'activité en Arctique (y compris les possibilités de manœuvre de force), la courte saison de navigation, les cours d'eau étroits dans de nombreuses régions, les conditions de glace instables et les conditions météorologiques difficiles continueront de représenter des défis pour les opérations militaires.
 62. Conférence de Rovaniemi sur l'esprit de l'Arctique, novembre 2023, Finlande.
 63. Toutefois, rien n'indique que cet accord s'étendra à l'Arctique, si ce n'est de façon mineure.
 64. M. Lanteigne et P. W. Lackenbauer, « Cause It's Always Been a Matter of Trust : The Limits of China-Russia Cooperation in the Arctic », NAADSN, 23 février 2024.
 65. Défense nationale, « Liste des opérations en cours », Gouvernement du Canada, consulté le 11 juin 2024, <https://www.canada.ca/fr/ministere-defense-nationale/services/operations/operations-militaires/operations-en-cours/liste.html>
 66. P. Giannakouris et D. Gatopoulos, « Wildfire in Greece Triggers Explosions at an Ammunition Depot », *AP News*, 27 juillet 2023.
 67. Bethany Bell, Nikos Papanikolaou et Paul Kirby, « Greek Fires at Nea Anchialos Prompt Blasts Forcing F-16s to Evacuate Base », *BBC News*, 28 juillet 2023.
 68. Ricardo Tavares da Costa, Elisabeth Krausmann et Constantinos Hadjisavvas, « Navigating Climate Change in Defence », Commission européenne - Centre commun de recherche, 2024.
 69. Gerhard Herda, « Climate Change and International Security : Challenges for the Austrian Military Geoservices », dans Lampalzer/Hainzl (eds.) : *Climate Changes Security - Navigating Climate Change and Security Challenges in the OSCE Region*, Schriftenreihe der Landesverteidigungsakademie, n° 04, 2024.
 70. Jae-Hyeop Jung et al., « Analyzing and Assessing the Current Status of Heat-Related Illnesses in the South

- Korean Military », *Military Medicine*, 23 avril 2024.
71. U.S. Army Public Health Center, « Heat Illness Prevention Pocket Guide », janvier 2020.
 72. Activité HFM-327 de la Commission HFM de l'Organisation OTAN pour la science et la technologie (STO)
 73. Daniel S. Moran et al., « Beating the Heat : Military Training and Operations in the Era of Global Warming », *Journal of Applied Physiology* 135, n° 1 (1er juillet 2023) : 60-67.
 74. Recherche et développement pour la défense du Canada, « Heat Stress Mitigation for Leopard C2 Tank Crew », mai 2007.
 75. Guo Xin, « Experimental Study on Solving the Heat Stress of Tank Crewmen », 1er janvier 2010.
 76. Forces de défense finlandaises, « Presentation of Shooting and Training Areas », Puolustusvoimat, consulté le 28 mai 2024, <https://puolustusvoimat.fi/en/a-part-of-society/shooting-training-and-protection-areas/presentation-of-shooting-and-training-areas>
 77. L'augmentation de la teneur en humidité de divers matériaux accélère la fatigue et la détérioration.
 78. Les espèces déplacées désignent les plantes, les animaux, les champignons ou les micro-organismes qui sont introduits par des activités humaines dans des environnements en dehors de leur milieu naturel.
 79. « Étude OTAN des incidences du changement climatique sur la sécurité : deuxième édition 2023 », 28 juin 2022.
 80. *Ibid.*
 81. Étude réalisée en coopération avec le Centro Sperimentale de la marine italienne et le Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici.
 82. Mark C. Prosser et al., « Evidence for Large Increases in Clear Air Turbulence over the Past Four Decades », *Geophysical Research Letters* 50, n° 11 (8 juin 2023).
 83. Kaitlyn M. Benton et Timothy F. Leslie, « Barriers to Force Projection : Climate Change and Aerial Forward Operability », *The Changing Battlespace : Air & Space Operations Review*, vol. 2, n° 2, été 2023 ; Kaitlyn M. Benton, « Climate Warming and United States Military Force Projection : Impacts of Increasing Temperatures on Forward Operability », 14 juin 2023.
 84. NASA, « What Is NASA Doing to Protect Its Facilities from Sea-Level Rise ? », Portail Sea Level Change de la NASA, <https://sealevel.nasa.gov/faq/22/what-is-nasa-doing-to-protect-its-facilities-from-sea-level-rise/>.
 85. Stephen Lee et al., « Rising Seas Imperil US Sites, Military Bases Worth \$387 Billion », *Bloomberg Law*, 21 septembre 2023.
 86. J. Lukacevic, K. Kertysova et R. Heise, « The Climate-Space Nexus : New Approaches for Strengthening NATO's Resilience », *Revue de l'OTAN*, 18 août 2022.
 87. Alican Tekingunduz, « Türkiye's First Domestic Satellite Launch Delayed over Bad Weather », *TRT World*, 14 avril 2023.
 88. J. Lukacevic Kertysova et R. Heise, « The Climate-Space Nexus : New Approaches for Strengthening NATO's Resilience », *Revue de l'OTAN*, 18 août 2022.
 89. Type d'attaque visant à causer un préjudice en exposant des informations privées, en manipulant l'opinion publique ou en minant la confiance dans les institutions.
 90. Miriam Matejova et Chad M. Briggs, « Embracing the Darkness : Methods for Tackling Uncertainty and Complexity in Environmental Disaster Risks », *Global Environmental Politics* 21, n° 1 (février 2021) : 76-88.
 91. Climate Action Against Disinformation (CAAD), « Deny, Deceive, Delay Vol. 3 - Climate Information Integrity ahead of COP28 », novembre 2023.
 92. Miriam Matejova et Chad M. Briggs, « Embracing the Darkness : Methods for Tackling Uncertainty and Complexity in Environmental Disaster Risks », *Global Environmental Politics* 21, n° 1 (février 2021) : 76-88.
 93. Informations recueillies auprès de l'unité de communication stratégique de la Division Diplomatie publique de l'OTAN.
 94. Climate Action Against Disinformation (CAAD), « Deny, Deceive, Delay Vol. 3 - Climate Information Integrity ahead of COP28 », novembre 2023.
 95. *Ibid.*
 96. Par exemple, une publication en anglais par la chaîne de télévision financée par l'État russe *Russia Today (RT)* sur Facebook qualifiait Greta Thunberg de « Dr. Climate Gollum ». Lottie Limb, « Information Crisis : Four Ways Climate Lies Are Spreading in 2023 », *EuroNews*, 29 novembre 2023.
 97. Tom Johansmeyer, « Is Disinformation during Natural Disasters an Emerging Vulnerability? », SOAS – University of London, 20 février 2023.
 98. David E. Sanger et Steven Lee Myers, « China Sows Disinformation about Hawaii Fires Using New Techniques », *The New York Times*, 11 septembre 2023.
 99. *Ibid.*
 100. Adam Smith, « How Online Disinformation Threatens Climate Change Action », *Context News*, juin 2023.
 101. Lennard de Klerk et al., « Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine : 24 February 2022 - 23 February 2024 », 13 juin 2024.
 102. April Reese, « Scientists Plan a Comeback for Ukraine's War-Ravaged Forests », *Science*, vol. 380, n° 6642, avril 2023.
 103. Lennard de Klerk et al., « Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine : 24 February 2022 - 23 February 2024 », 13 juin 2024.
 104. Matt McGrath, « Climate change : Russia burns off gas as Europe's energy bills rocket », *BBC News*, 26 août 2022, <https://www.bbc.com/news/science-environment-62652133>.
 105. Lennard de Klerk et al., « Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine : 24 February 2022 - 23 February 2024 », 13 juin 2024.
 106. Adriaan Korthuis et al., « Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine », *Climate Focus*, décembre 2023.



Siège de l'OTAN
Boulevard Léopold III,
B-1110 Bruxelles, Belgique

1004-24 Printing & Graphics (EM(ICTM)AIM)