Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense,
de la protection de la population et des sports DDPS

Armasuisse
Science et technologie Sci+T

Développement de l'énergie éolienne à proximité de la Base aérienne de Payerne : potentiel de conflit, zones à exclure ou sujettes à réserves

Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports DDPS
Armasuisse
Science et technologie

Sur mandat du Secrétariat général du DDPS, domaine Territoire et environnement

Thoune, le 6 juin 2017

Résumé

La stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral prévoit que, d'ici 2050, l'éolien contribue à la production globale d'énergie renouvelable en Suisse. Pour que des parcs éoliens puissent voir le jour, les exigences des différents groupes d'intérêts doivent être prises en compte en amont. Cette clarification préalable des exigences à remplir en vue d'atteindre un équilibre est la condition sine qua non pour pouvoir développer l'énergie éolienne.

Pour assurer la sécurité du pays, le DDPS gère divers systèmes radar, d'ondes dirigées, etc., dont le bon fonctionnement peut être perturbé, voire empêché, par les éoliennes, d'où la nécessité de concertation dans l'élaboration des plans. Sans oublier que, par leur hauteur, les éoliennes constituent aussi des dangers pour l'aviation militaire. Dans ce contexte, la présente étude constitue une aide à la planification. Elle montre les exigences du DDPS en ce qui concerne l'espace requis pour les opérations des Forces aériennes, et la surveillance de l'espace aérien, menées à partir de la Base aérienne de Payerne. Pour ce faire, non seulement les exigences opérationnelles, mais aussi la visibilité des radars régionaux de surveillance d'aéroport et les radars d'approche de précision intégrés au système militaire de guidage d'approche Plus (SMGA Plus), ont fait l'objet d'un examen. Les données de référence qui en résultent permettent désormais d'identifier le potentiel de conflit entre les parcs éoliens prévus et les exigences posées par les systèmes du DDPS.

Feuerwerkerstrasse 39, 3602 Thoune, Suisse
Tél. +41 58 468 28 00, fax +41 58 468 28 41
Courriel : wt@armasuisse.ch
www.armasuisse.ch/wt

MANAGEMENTSYSTEM
ISO 9001 / 14001

N° de dossier 012-N1000-05

Les résultats sont présentés sous forme de cartes mettant en évidence les zones à exclure ou sujettes à réserves pour deux types de parcs éoliens. Ainsi, pour des raisons de sécurité et d'exploitation, la zone de contrôle terminale (TMA) ainsi que la zone de contrôle de la Base aérienne de Payerne s'avèrent incompatibles avec l'implantation d'un parc éolien d'une hauteur de plus de 100 mètres (« zones à exclure »). Par ailleurs, d'autres territoires exigent un examen du projet en vue d'exclure toute interférence ou perturbation de la surveillance militaire de l'espace aérien avant de permettre la réalisation d'un parc éolien (« zones sujettes à réserves »). L'étude met aussi en évidence des régions qui ne posent aucun problème ni pour la surveillance ni pour l'utilisation de l'espace aérien et qui devraient donc, du point de vue la Base aérienne de Payerne, être privilégiées par la filière éolienne.

Les résultats de cette étude mettent notamment en avant que les périmètres d'exclusion autour des secteurs de sécurité renforcés pour les vols opérationnels ne correspondent pas au rayon de 20 km fixé jusqu'à présent, mais le dépassent à certains endroits, alors qu'à d'autres cette limite peut être réduite. En dehors des zones à exclure ou sujettes à réserves par rapport à la Base aérienne de Payerne, il faut préciser encore que d'autres installations du DDPS pourraient entrer en conflit avec un parc éolien, raison pour laquelle il importe de continuer à soumettre tout projet au DDPS suffisamment à l'avance.

1 Introduction

Le 25 mai 2011, le Conseil fédéral a arrêté la stratégie énergétique 2050, qui, outre la sortie progressive de l'énergie nucléaire, vise à accroître l'efficacité énergétique et à développer les énergies renouvelables. Parmi celles-ci, l'éolien est appelé à fournir sa contribution à la production nationale d'électricité. Toutefois, cette énergie est considérée comme difficile à développer en Suisse compte tenu des nombreux intérêts à prendre en considération, ne manquant pas d'exposer les projets éoliens à des risques accrus.

Du fait de sa mission de défense du pays et en tant qu'exploitant d'infrastructures de sécurité, le DDPS est lui aussi partie prenante aux projets dans ce domaine. Or l'expérience des pays qui disposent déjà d'une haute densité en parcs éoliens a montré que les éoliennes pouvaient considérablement perturber le fonctionnement de divers systèmes militaires, à commencer par les radars de surveillance de l'espace aérien. A l'extrême, une installation militaire peut ainsi y perdre sa fonction et donc toute valeur. Pour que le DDPS puisse accomplir sa mission en tout temps, il est donc dans l'obligation d'étudier tout projet de parc éolien afin d'évaluer le potentiel de conflit avec ses propres intérêts. Pour éviter des frais inutiles, l'idéal est d'effectuer cette évaluation en amont, au stade le plus précoce possible du projet.

1.1 Objectif

La présente étude porte sur le potentiel de conflit entre les parcs éoliens et les systèmes militaires dans la région de la Base aérienne de Payerne. Les zones à exclure ou sujettes à réserves sont signalées respectivement en rouge et en orange sur les cartes. Dans les zones à exclure, l'exploitation opérationnelle des Forces aériennes et les exigences de sécurité spécifiques rendent impossible tout projet éolien. Au contraire, les installations éoliennes ne sont pas exclues d'emblée dans les zones sujettes à réserves, mais elles nécessitent une analyse approfondie du projet. Quant aux zones qui ne sont pas signalées en couleur, elles n'occasionnent aucun conflit d'intérêts avec l'exploitation de la Base aérienne de Payerne, mais d'autres intérêts militaires peuvent y être touchés, comme les faisceaux d'ondes dirigées, si bien qu'il importe de continuer à intégrer d'emblée le DDPS dans tout projet concernant ces zones.

La carte des zones à exclure ou sujettes à réserves remplace celle qui prévoyait une zone sujette à réserves établie dans un rayon uniforme de 20 km à partir du centre des pistes de la Base aérienne de Payerne. Elle offre donc une base d'évaluation différenciée pour la planification de projets éoliens à venir. L'étude tient compte à la fois des aspects des vols opérationnels, des aspects spécifiques technologiques et ceux relatifs aux senseurs, en vue d'une évaluation globale définitive. L'objectif est d'aider les promoteurs de parcs éoliens à prévoir au mieux leurs projets sans se heurter ensuite à un préavis négatif du DDPS, afin d'éviter des coûts superflus de part et d'autre.

2 Méthode

Les données retenues pour l'évaluation globale se fondent, d'une part, sur les secteurs utilisés par les Forces aériennes pour leurs vols opérationnels et, d'autre part, sur des calculs de probabilité concernant la visibilité des radars (sur les sites radars SMGA Plus). La représentation spatiale globale qu'offre la présente étude ne comporte pas de spécificité liée à un projet concret (nombre d'éoliennes, géométrie, exposition au vent). Ainsi les zones délimitées en rouge doivent être considérées définitivement comme zones à exclure, alors que tout projet de parc éolien concernant les zones orange, sujettes à réserves, doit au préalable faire l'objet d'une étude approfondie permettant d'évaluer les interactions avec d'autres systèmes militaires.

Trois grandeurs d'installations éoliennes ont été retenues par l'étude : *small* (S), *large* (L) et *next generation* (NG). La classe S a une hauteur du moyeu comprise entre 18 et 22 m et un diamètre de rotor de 12 mètres. La classe L atteint une hauteur de 100 à 120 mètres et un diamètre de 100 à 120 mètres. Quant à la classe NG, elle fait 120 à 150 mètres de haut pour un rotor d'un diamètre entre 115 et 126 mètres. Comme le type L se confond sur les cartes avec le NG, il a été retiré du rapport. Les bases de données permettent de définir à tout moment d'autres grandeurs d'installation éolienne.

2.1 Premier axe d'analyse: les vols opérationnels

Pour que les Forces aériennes puissent effectuer leurs opérations à partir de la Base aérienne de Payerne en toute sécurité et conformément à leur mission, certaines conditions doivent être remplies dans la région, ce qui limite l'implantation d'un grand parc éolien. En effet, les éoliennes qui dépassent 80 mètres de haut présentent un obstacle dangereux pour la navigation aérienne militaire à basse altitude. Dans les secteurs d'approche et de départ en cas de vol aux instruments, la sécurité doit être assurée en permanence, y compris de nuit, par mauvaise visibilité ou par forte nébulosité. En raison du grand nombre de vols opérationnels à basse altitude qui y sont effectués, des exigences plus élevées sont imposées à la zone de contrôle (CTR) et à la zone de contrôle terminale (TMA) de la Base aérienne de Payerne. A défaut, la Base aérienne ne pourrait plus satisfaire aux normes de sécurité exigées.

Les zones à exclure ou sujettes à réserves ont été définies avec la plus grande retenue pour cette étude : elles vont dans un sens favorable à l'énergie éolienne, pour autant que les vols opérationnels ne soient pas affectés. Pour pouvoir mieux les distinguer, le type S et le type NG ont été séparés (cf. figure 1), et ont été tous deux intégrés dans l'évaluation globale (cf. ch. 3).

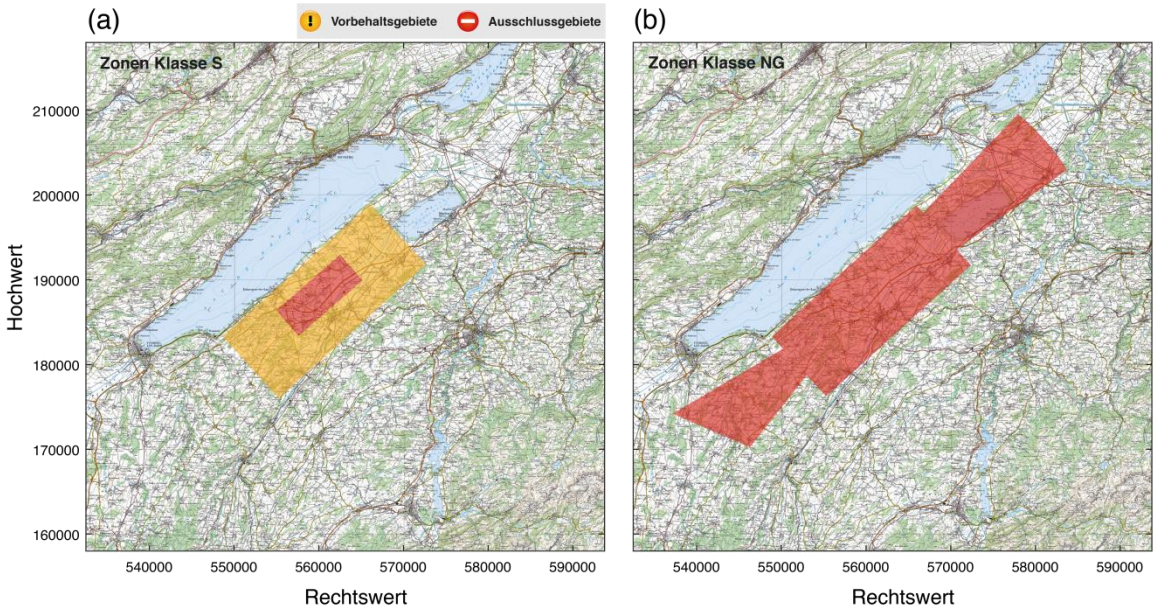

figure 1 : zones opérationnelles des Forces aériennes à exclure ou sujettes à réserves dans la région de Payerne pour (a) éoliennes de type *small* (S) et (b) éoliennes de type *next generation* (NG). La zone rouge exclut selon le DDPS toute exploitation d'énergie éolienne. La zone orange nécessite une analyse détaillée par rapport au projet spécifique.

2.2 Deuxième axe d'analyse: les senseurs radar

Le potentiel de perturbation des radars par les éoliennes peut être évalué et cartographié à travers une analyse de visibilité. On peut partir du principe que toute éolienne se trouvant dans le champ de visibilité d'un radar l'influence négativement, ce qui n'indique pas encore son potentiel réel de nuisance. Celui-ci dépend de facteurs propres à l'emplacement et au projet, tels que la géométrie du parc et des installations, les parties visibles, les conditions météorologiques (direction dominante du vent à hauteur du moyeu, turbulences) : autant de facteurs à étudier, séparément pour chaque projet.

Des erreurs d'analyses de visibilité (p. ex. false positives) sont souvent négligées en raison de la problématique à grande échelle. Le modèle altimétrique utilisé (Maloy & Dean, 2001) manque particulièrement de fiabilité. Les approches probabilistes constituent une possibilité reconnue de rectifier ces erreurs d'analyse. C'est donc une approche de ce type qui a été retenue et adaptée aux exigences de notre étude.

Tous les calculs présentés utilisent le jeu de données SwissAlti^{3D} (swisstopo, 2015) dans une résolution relativement élevée (largeur de maille de 5 m). La décision de recourir à un modèle altimétrique numérique plutôt qu'à un modèle de surface numérique comme base de calcul s'explique par sa meilleure tenue, c'est-à-dire par sa stabilité dans la durée par rapport par exemple aux influences anthropogènes (comme la végétation ou les constructions). Dans le secteur examiné, swisstopo indique que les données verticales ont une incertitude de 0,5 m. Pour le calcul probabiliste de la visibilité utilisant les champs aléatoires gaussiens (autocorrélation périodique) une longueur de corrélation de 300 mètres sera utilisée en plus de la variance du champ (dans le cas présent $(0{,}5\ m)^2$) (Walker & Willgoose, 2006). Deux modèles de réfraction ont été par ailleurs retenus pour représenter les principaux effets météorologiques:

- un modèle standard avec un gradient N de - 40 N/km et
- un modèle de super réfraction avec un gradient N de - 150 N/km tenant compte des phénomènes de propagation dans les couches d'inversion.

Ces deux modèles ont été utilisés indépendamment l'un de l'autre pour effectuer l'ensemble des calculs avant d'être combinés par des opérations logiques. Cette étude intègre aussi bien les radars de surveillance d'aéroport (*Airport Surveillance Radar* ASR) que les radars d'approche de précision (*Precision Approach Radar* PAR) du système militaire de guidage d'approche Plus (SMGA Plus). Tous les calculs se basent sur des installations stationnaires, donc sur des sites fixes.

La figure 2 esquisse le déroulement de l'approche probabiliste retenue. Suite à l'initialisation des paramètres de calcul (figure. 2.1), un champ aléatoire gaussien correspondant est ajouté au modèle altimétrique (figure 2.2). Puis l'horizon de visibilité est calculé avec le modèle altimétrique modifié (figure 2.3). En répétant 100 fois les étapes 2 et 3 (figure 2.4), il en ressort un ensemble représentatif d'horizons de visibilité, qui permet de déduire l'horizon de visibilité moyen et un écart standard par pixel (figure 2.5). Dans le cas le plus simple, ces données peuvent directement être utilisées pour établir une répartition spatiale (figure 2.6).

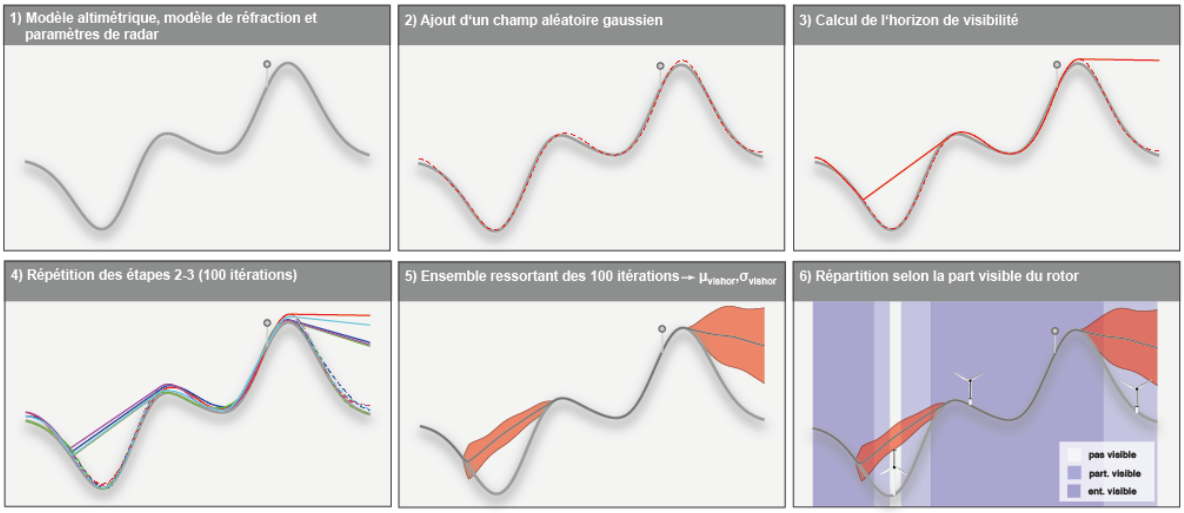

figure 2 : Esquisses pour le calcul de visibilité probabiliste (voir texte pour les détails)

Pour l'évaluation, la hauteur de visibilité a été corrigée à l'aide de trois déviations standard (3σ) par pixel. Il est ainsi possible de déduire de manière fiable ce qui est visible ou non. La dernière étape a consisté à combiner les résultats des deux modèles de réfraction afin d'en obtenir la synthèse. La figure 3 montre les résultats par rapport au système SMGA Plus pour les deux types de radars : senseur PAR (a) et senseur ASR (b). Les zones bleu foncé sont celles où la visibilité du rotor est complète, alors que dans les parties en bleu clair, la visibilité n'est que partielle. Quant aux zones qui ne sont pas colorées, aucun élément d'éolienne de type NG n'est visible.

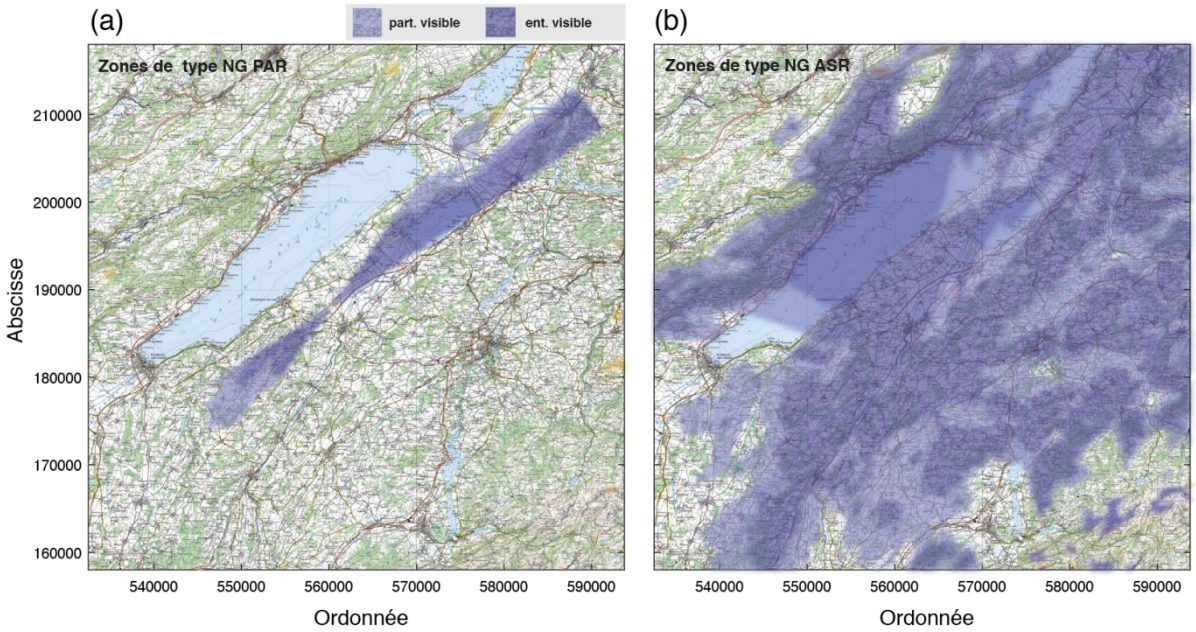

figure 3 : résultat du calcul de visibilité probabiliste pour des éoliennes de type NG : (a) SMGA Plus senseur PAR et (b) SMGA Plus senseur ASR

3 Résultats

Pour faciliter l'évaluation globale selon les deux exigences analysées (vols opérationnels et senseurs radar), les résultats ont été superposés sur une seule carte (figure 4). On voit ainsi que de vastes régions se prêtent bien à l'implantation de petites éoliennes (hauteur du moyeu de 18 à 22 m) (figure 4a) alors que, pour celles de type L (hauteur du moyeu de 100 à 120 m) ou NG (hauteur du moyeu de 120 à 150 m), les zones à exclure (rouge) ou sujettes à réserves (orange ; figure 4b) sont forcément plus nombreuses. Il n'empêche qu'il a été possible de localiser des zones susceptibles d'héberger des parcs avec de grandes éoliennes. Dès lors, pour des raisons d'efficience et de coûts, il convient d'envisager ces zones en priorité pour tout projet de parc éolien.

Les résultats montrent (figure 4b) que la zone à exclure dans les secteurs de sécurité renforcés pour les vols opérationnels dépasse par endroits partiellement le rayon systématique de 20 km retenu jusqu'à présent, alors qu'il est inférieur à celui-ci à d'autres endroits. En précisant clairement les zones à exclure ou sujettes à réserves, la figure 4b rend obsolète cette ancienne norme. Elle permet ainsi de déterminer de manière fiable les zones aux alentours de la Base aérienne de Payerne où le DDPS exclut toute possibilité de parc éolien, celles où un tel parc nécessite une analyse préalable détaillée et celles qui ne sont pas concernées par les restrictions d'exploitation de la base. Rappelons qu'en dehors des zones à exclure ou sujettes à réserves par rapport à la Base aérienne de Payerne, l'énergie éolienne peut aussi entrer en conflit avec d'autres systèmes du DDPS, d'où la nécessité de consulter le plus tôt possible le DDPS pour tout projet dans ces régions-là également.

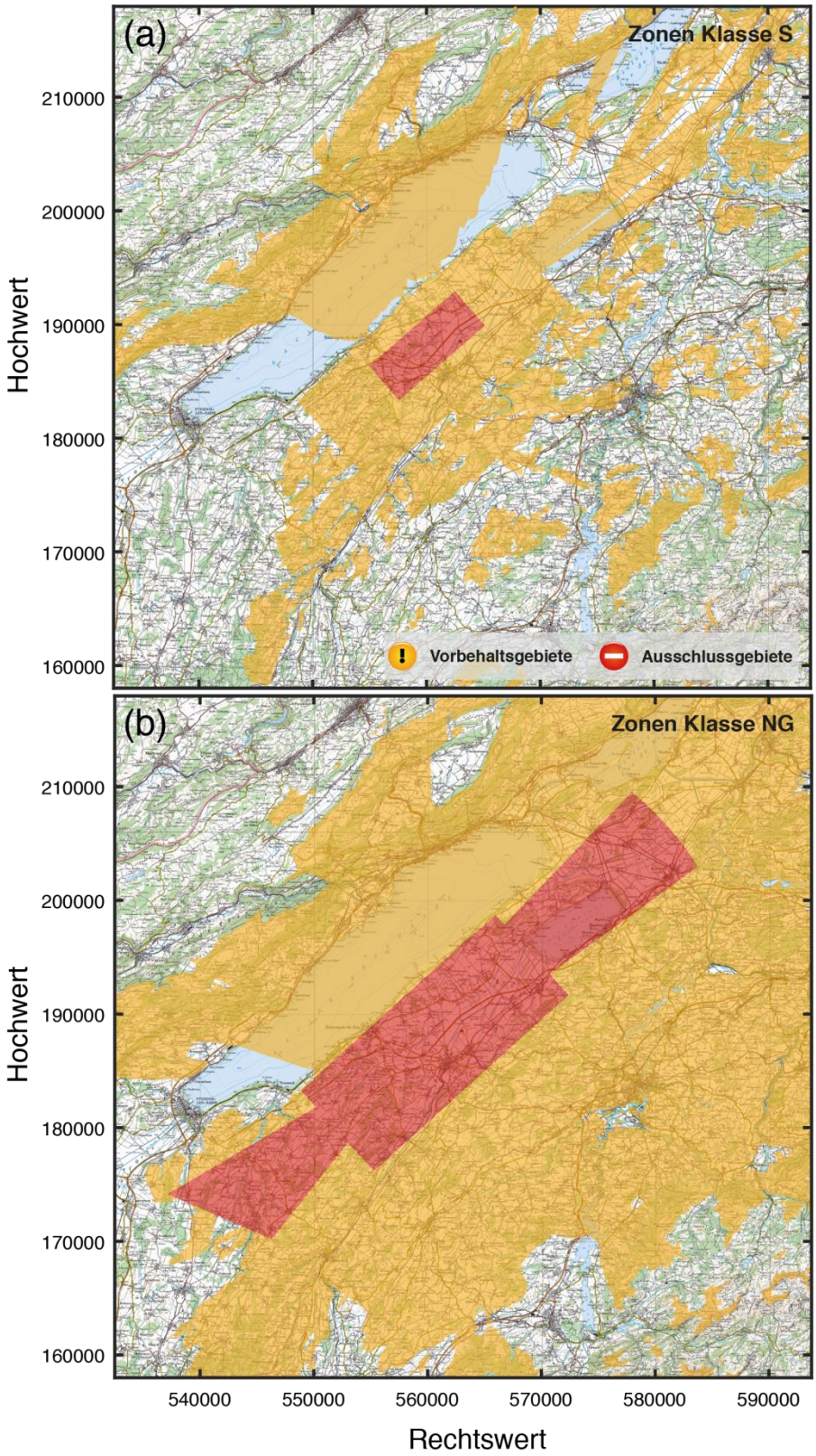

figure 4 : évaluation globale en fonction des exigences posées par les vols opérationnels et par les radars dans la région de Payerne pour (a) des éoliennes de type *small* (S) et (b) des éoliennes de type *next generation* (NG). Du point de vue du DDPS, la zone rouge est à exclure et la zone orange fait l'objet de réserves, nécessitant une analyse spécifique du projet.

Le concept d'énergie éolienne pour la Suisse, encore au stade de projet, est en consultation auprès des cantons. Il contient une interdiction d'implanter des éoliennes dans un rayon de 5 km à compter du point central des pistes sur les bases aériennes militaires et une zone entre 5 et 20 km sujettes à réserves et nécessitant de plus amples analyses. Il convient d'intégrer les résultats de la présente étude dans ce concept ainsi dans les études concernant d'autres bases aériennes militaires.

4 Bibliographie

Maloy, M. A., & Dean, J. D. (11 2001). An Accuracy Assessment of Various GIS-based Viewshed Delineation Techniques. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, p. 1293 - 1298.

swisstopo. (2015). Page *swissALTI3D.* https ://www.swisstopo.admin.ch

Walker, J. P., & Willgoose, G. R. (2006). A Comparative Study of Australian Cartometric and Photogrammetric Digital Elevation Model Accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 7*, p. 771 - 779.