



Berne, le 14 mars 2025

Rapport d'examen

Impact environnemental de l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité

Référence : BAFU-317.14-07-59468/6/11

Table des matières

1	Résumé	3
2	Contexte	4
2.1	Mandat d'examen	5
2.2	But du mandat	5
2.3	Méthode appliquée	5
3	Source et qualité des données	6
3.1	Situation de départ	6
3.2	Exemptions prévues pour les mesures de gestion réglementée	7
3.3	Autres délimitations	7
3.4	Bilan	8
4	Scénarios	8
4.1	Scénario S1 : Charge de 50 h	8
4.2	Scénario S2 : Black-out	9
4.3	Scénario S3a : Délestages cycliques 33 %	10
4.4	Scénario S3b : Délestages cycliques 50 %	11
4.5	Scénario S4a : Contingentement modéré	12
4.6	Scénario S4b : Contingentement important	13
4.7	Scénario S5 : Contingentement immédiat	13
5	Impact sur l'environnement	15
5.1	Émissions en cas de pénurie d'électricité, calculées pour chaque scénario	15
	Complément : Impact environnemental liés aux mesures de prévention d'une pénurie (réserve hydroélectrique, centrales de réserve et groupes électrogènes de secours regroupés en pools)	17
6	Mesures visant à réduire l'impact sur l'environnement	18
6.1	Mesures techniques	18
6.2	Mesures touchant à l'exploitation	20
6.3	Évaluation des mesures	20
7	Conclusions	21
8	Annexe	23
8.1	Vue d'ensemble des scénarios	23
8.2	Méthode de calcul	26

1 Résumé

L'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de délestage, de contingentement ou de contingentement immédiat fait augmenter de façon considérable les émissions de polluants atmosphériques (notamment oxydes d'azote, monoxyde de carbone et poussières fines), ce qui peut provoquer des niveaux élevés de pollution aux alentours des installations. Elle génère en outre des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre. Le contingentement et le contingentement immédiat visent uniquement les gros consommateurs affichant une consommation annuelle d'au moins 100 mégawattheures (MWh), tandis que les délestages concernent tous les consommateurs.

Le 22 septembre 2023, le Conseil fédéral a chargé le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC / Office fédéral de l'environnement [OFEV]) d'examiner, en collaboration avec le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR / Office fédéral pour l'approvisionnement économique du pays [OFAE]), les moyens de quantifier et de réduire autant que possible l'impact environnemental des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité.

À cette fin, plusieurs scénarios d'utilisation de groupes électrogènes de secours ont été définis, et leurs effets sur l'environnement ont été calculés en termes d'émissions. Il convient de noter que les données disponibles n'ont permis qu'une estimation approximative de ces émissions attendues.

Le Tableau 1 présente les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO), de poussières fines (PM₁₀) et de dioxyde de carbone (CO₂) calculées pour chaque scénario. En fonction du scénario, ces émissions représentent 70 à 700 % des émissions de base (c.-à-d. des émissions générées en situation normale ; état en 2022).

Tableau 1 : Émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO), de poussières fines (PM₁₀) et de dioxyde de carbone (CO₂) en 2022 (émissions de base ; durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation) et par scénario¹

Scénario	NO _x [t]	CO [t]	PM ₁₀ [t]	CO ₂ [t]
Base (13 h)	378	57	6	30 416
S1 (50 h)	1197	179	20	96 352
S2 (black-out)	598	89	11	48 124
S3a (délestages cycliques 33 %)	1815	272	34	146 104
S3b (délestages cycliques 50 %)	2085	312	38	167 821
S4a (contingentement modéré)	1129	169	23	90 851
S4b (contingentement important)	2143	321	43	172 533
S5 (contingentement immédiat)	256	38	5	20 574

Afin de réduire l'impact sur l'environnement, deux mesures techniques seraient envisageables en fonction de la technologie de dépollution (des gaz d'échappement) des groupes électrogènes de secours concernés. La première est une amélioration technique qui consiste à équiper l'installation d'un filtre à particules diesel afin de réduire les émissions de poussières fines (PM₁₀). La seconde consiste à équiper l'installation d'un système de dénitrification (SCR²) afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Le potentiel de réduction serait d'environ 90 % pour les poussières fines (PM₁₀) et, en fonction de la technologie utilisée, de 60 à 80 % pour les **oxydes d'azote** (NO_x).

Par ailleurs, il serait possible de limiter la durée d'exploitation de tous les groupes électrogènes de secours ou de ceux de certains secteurs uniquement. La capacité de cette mesure à réduire les émissions supplémentaires dépendrait de la limitation de durée appliquée aux groupes sélectionnés, sachant qu'une telle mesure aurait aussi pour effet de réduire la marge de manœuvre des exploitants. Compte tenu du degré d'incertitude des données disponibles et du fait qu'elles ne permettent aucune différenciation par secteur d'activité, et puisque les limitations de durée d'exploitation sont contraires à

¹ Les scénarios sont décrits en détail au chap. 4.

² Un système SCR (de l'anglais *Selective Catalytic Reduction*) est un système de réduction catalytique sélective servant à dénitrifier les gaz d'échappement.

l'intention d'accorder une plus grande marge de manœuvre aux exploitants en cas de pénurie d'électricité, cette mesure est toutefois jugée inapplicable.

2 Contexte

Aux termes de l'art. 102 de la Constitution, la Confédération assure l'approvisionnement du pays en biens et services de première nécessité et prend des mesures préventives afin de pouvoir faire face à une grave pénurie. Ces biens et services vitaux sont définis à l'art. 4 de la loi du 17 juin 2016 sur l'approvisionnement du pays (LAP)³. En font notamment partie les agents énergétiques, de même que le transport et la distribution d'agents énergétiques et d'énergie.

La Suisse se trouve en situation de pénurie grave d'électricité du point de vue de l'Approvisionnement économique du pays (AEP) lorsque l'offre et la demande d'électricité ne sont pas en équilibre pendant plusieurs jours, semaines ou mois en raison de capacités de production, de transport et/ou d'importation restreintes et que l'économie ne peut pas faire face à cette pénurie par ses propres moyens. Pour pallier la situation, le Conseil fédéral dispose de plusieurs mesures d'intervention économique (mesures de gestion réglementée) fondées sur la LAP, qui peuvent être appliquées seules ou en combinaison avec d'autres mesures de gestion réglementée.

En Suisse, plus de 34 000 consommateurs finaux ont la possibilité d'acheter leur électricité sur le marché libre. L'accès au marché libre est réservé aux consommateurs affichant une consommation annuelle d'au moins 100 mégawattheures (MWh). Les mesures de gestion réglementée *contingentement* et *contingentement immédiat* visent ces gros consommateurs. Le taux de contingentement traduit, sous forme de pourcentage, la consommation d'énergie électrique admise pendant une période définie par rapport à la quantité normalement consommée (quantité de référence). Par exemple, si l'on vise une économie de 15 % chez les gros consommateurs contingentés, le taux de contingentement sera de 85 %. Le taux de contingentement ne représente donc pas directement l'économie en pour-cent, mais la part de la quantité de référence qui peut être utilisée pendant la période définie.

Le *contingentement* prévu se caractérise par le fait que les contingents d'énergie électrique des gros consommateurs se fondent sur leur consommation passée et leur sont attribués chaque mois civil par décision écrite. Chaque gros consommateur reçoit ainsi une directive contraignante claire et il peut répartir dans le mois l'utilisation de son contingent de la manière la plus judicieuse du point de vue de l'exploitation.

La mesure de gestion réglementée *contingentement immédiat* repose sur la même idée de base que le contingentement. Elle se distingue de celui-ci en ce qui concerne la procédure, le temps nécessaire à sa mise en œuvre et la souplesse offerte aux gros consommateurs. Contrairement au contingentement, le contingentement immédiat prévoit que le gros consommateur calcule lui-même quotidiennement le contingent par site de consommation, selon des principes simples. Le contingentement immédiat peut ainsi être mis en place en quelques jours à peine (contre environ un mois pour le contingentement) et il permet, grâce la mise en œuvre sur une base journalière, une réduction effective et immédiate de la consommation d'électricité. Il limite la souplesse des gros consommateurs dans l'utilisation du contingent, car la consommation ne peut pas être répartie librement sur une longue période, comme le permet le contingentement.

En principe, aucune exemption n'est prévue pour le *contingentement* ni le *contingentement immédiat*. Toutefois, si les exploitants d'infrastructures importantes pour l'approvisionnement du pays en biens et services vitaux sont trop impactés par ces mesures de gestion réglementée, des solutions sectorielles spécifiques peuvent s'avérer nécessaires. Aujourd'hui, il existe déjà une gestion réglementée spécifique aux secteurs des transports publics, du transport de marchandises, des télécommunications et des stations d'épuration des eaux usées. Par ailleurs, des dispositions dérogatoires sont prévues pour l'armée.

La mesure prévue en dernier recours pour piloter la consommation est le *délestage cyclique*. Cette mesure de gestion réglementée vise à maintenir l'approvisionnement en électricité, certes à un niveau réduit, en délestant des secteurs de zone de desserte par rotation dans l'ensemble du réseau électrique suisse. Certains consommateurs finaux qui assurent l'approvisionnement en biens et services vitaux

³ Loi sur l'approvisionnement du pays (LAP ; RS 531)

peuvent être exemptés des délestages, dans la mesure où les conditions techniques le permettent (cela ne concerne que des cas particuliers).

Conformément à l'ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair)⁴, les groupes électrogènes de secours sont soumis à des exigences moins strictes que les moteurs à combustion stationnaires classiques car ils sont censés servir de solutions de repli en cas de coupures d'électricité imprévues (ils n'ont pas vocation à être utilisés en continu). En principe, leur utilisation est autorisée uniquement en cas de coupures d'électricité imprévues, sans considération de la durée d'exploitation annuelle. Le fonctionnement des groupes électrogènes de secours à des fins de test est limité à 50 h par an.

Les projets d'ordonnance élaborés prévoient de déclarer certaines prescriptions environnementales de l'OPair comme étant non applicables aux groupes électrogènes de secours stationnaires pendant la durée d'un contingentement, d'un contingentement immédiat ou d'un déstage, quelle que soit la durée d'exploitation annuelle de ces groupes. Il est également prévu que les réglementations cantonales et communales contraires aux projets d'ordonnance, en particulier dans les domaines de l'utilisation des rejets de chaleur, de la protection de l'air, de la protection contre le bruit et de la restriction de la durée d'exploitation, soient déclarées non applicables pendant la durée de la mesure de gestion réglementée. Ces assouplissements des prescriptions environnementales visent à accorder une certaine flexibilité aux entreprises, notamment aux exploitants d'infrastructures critiques, dans une situation déjà très difficile. Ils ne s'appliquent qu'aux consommateurs finaux qui sont directement concernés par les mesures de gestion réglementée citées. Dans le cadre de la gestion réglementée spécifique à un secteur d'activité (télécommunications, transports publics, stations d'épuration des eaux usées, armée), il est prévu qu'aucune disposition environnementale ne soit déclarée inapplicable.

2.1 Mandat d'examen

L'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de déstage, de contingentement ou de contingentement immédiat fait augmenter de façon considérable les émissions de polluants atmosphériques (notamment oxydes d'azote, monoxyde de carbone et poussières fines), ce qui peut provoquer des niveaux élevés de pollution aux alentours des installations. Elle génère en outre des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre. Le contingentement et le contingentement immédiat visent uniquement les gros consommateurs affichant une consommation annuelle d'au moins 100 mégawattheures (MWh), tandis que les déstages concernent tous les consommateurs.

En réponse à la demande du DEFR du 22 septembre 2023, le Conseil fédéral a décidé lors de sa séance du 29 septembre 2023 d'attribuer le mandat d'examen suivant au DETEC :

Le DETEC (OFEV) est chargé d'examiner d'ici la fin 2024, en collaboration avec le DEFR (OFAE), les moyens de quantifier et de réduire autant que possible l'impact environnemental des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité.

2.2 But du mandat

Le mandat d'examen consiste d'une part à quantifier les effets sur l'environnement que pourraient causer les assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité et, d'autre part, à identifier les mesures qui pourraient être mises en œuvre pour réduire ces effets. Le rapport fournira au Conseil fédéral une base supplémentaire d'information et de décision en cas de pénurie grave d'électricité.

2.3 Méthode appliquée

La première étape a consisté à définir plusieurs scénarios correspondant à différentes utilisations de groupes électrogènes de secours (cf. chap. 4). La deuxième étape a permis de calculer l'impact environnemental de ces scénarios en termes d'émissions attendues. Ces émissions ont été estimées d'après les hypothèses formulées dans le cas où ces scénarios se produiraient (cf. chap. 5), puis elles ont été comparées avec les émissions de base qui sont normalement attendues pour l'ensemble des secteurs avec une durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation. Les conséquences directes

⁴ Ordonnance sur la protection de l'air (OPair ; RS 814.318.142.1)

des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité (scénarios S3a à S5) ont été estimées à partir de ces résultats. À des fins de comparaison, le rapport décrit également un scénario dans lequel tous les groupes électrogènes de secours sont utilisés pendant 50 h (scénario S1) et un scénario en cas de coupure d'électricité à large échelle, ou black-out (scénario S2). Des mesures visant à réduire l'impact sur l'environnement sont proposées au chap. 6.

3 Source et qualité des données

3.1 Situation de départ

Les conséquences pour l'environnement calculées au chap. 5 sont basées principalement sur les données que l'OFEV a publiées dans son « Inventaire des émissions des moteurs stationnaires et des turbines à gaz »⁵. Cet inventaire porte sur trois types d'installations :

1. les générateurs sans récupération de chaleur (groupes électrogènes de secours),
2. les petites installations de cogénération (couplage chaleur-force) et
3. les grandes installations (turbines à gaz et centrales à cycle combiné gaz-vapeur).

Le présent rapport d'examen se concentre sur le premier type d'installations : les groupes électrogènes de secours. D'après les estimations de l'inventaire pour l'année 2022, le nombre, la puissance d'entrée installée et la consommation d'énergie finale de ces installations correspondent aux valeurs suivantes (réparties par classe de puissance calorifique⁶) :

Tableau 2 : Nombre d'agréats, heures d'exploitation, puissance d'entrée installée et consommation d'énergie finale en 2022 (distribution par classe de puissance calorifique, PC)

Classe PC	Nombre d'agréats	Heures d'exploitation [h]	Heures par agrégat (Ø) [h]	Puissance d'entrée installée [MW]	Puissance d'entrée par agrégat (Ø) [MW]	Consommation d'énergie finale [GJ]
< 100 kW	994	9815	10	55	0,06	1,4
100 - 1000 kW	2800	36 101	13	986	0,35	32,0
1 - 5 MW	1979	26 242	13	4544	2,30	151,8
5 - 20 MW	683	12 868	19	4791	7,01	227,5
Total/moyenne	6456	85 026	13	10 376	1,61	412,7

L'OFEV estime que la qualité des données relatives à la structure quantitative des groupes électrogènes de secours est incertaine, le nombre total de groupes et la répartition de la puissance étant basés sur un échantillon restreint datant de 2019. En revanche, les faibles nombres d'heures d'exploitation semblent fiables. Les émissions des groupes électrogènes de secours mobiles⁷ et des moteurs à combustion stationnaires, qui doivent répondre à des exigences de qualité de l'air plus strictes que les groupes électrogènes de secours stationnaires⁸, ne sont pas prises en compte.

Face à la menace d'une possible pénurie d'électricité, les entreprises ont davantage investi ces dernières années dans des solutions de repli telles que des groupes électrogènes de secours. Ces derniers ne figurent pas encore dans les données disponibles. Par ailleurs, les installations qui ont été incluses dans la réserve complémentaire en application de l'ordonnance du 25 janvier 2023 sur une réserve d'hiver (OIRH)⁹ ne sont pas identifiables séparément dans l'inventaire des émissions. Enfin, il n'est pas possible de déterminer quels groupes électrogènes de secours sont conçus et agréés pour une exploitation en

⁵ Emissionsinventar stationäre Motoren und Gasturbinen – Basisjahr 2019 und Zeitreihe 1990-2060. Infras, 2022. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. Disponible uniquement en allemand sous : [Sources de polluants : Moteurs stationnaires et turbines à gaz](#) ; résumé disponible en français.

⁶ Par puissance calorifique, on entend l'énergie calorifique maximale pouvant être fournie à une installation par unité de temps. Elle s'obtient en multipliant la consommation de combustible de l'installation par le pouvoir calorifique inférieur du combustible (annexe 1, ch. 24, OPair).

⁷ Les machines et les appareils mobiles, parmi lesquels figurent les groupes électrogènes de secours mobiles, doivent répondre aux exigences du règlement (UE) n° 2016/1628 de l'Union européenne (norme d'émissions « phase V »).

⁸ Conformément à l'annexe 2, ch. 82, OPair. Les groupes électrogènes de secours (stationnaires) sont soumis aux exigences moins strictes définies à l'annexe 2, ch. 827 et 837, OPair.

⁹ Ordonnance sur une réserve d'hiver, OIRH ; RS 734.722)

parallèle, ce qui est souvent une condition préalable à leur utilisation en cas de contingentement ou de contingentement immédiat.

Les dossiers évalués dans le cadre de l'échantillonnage ont permis une classification sectorielle sommaire (attribution d'un groupe électrogène à un secteur d'activité) ; il s'agissait de dossiers déposés auprès de l'Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières pour des engagements d'emploi couvrant l'utilisation d'huile de chauffage extra-légère dans des générateurs électriques stationnaires sans récupération de chaleur (groupes électrogènes de secours). La structure quantitative par secteur, pour l'année 2022, est présentée dans le tableau ci-dessous. Il convient de noter que les données disponibles ne permettent pas de délimiter clairement les différents secteurs et qu'il existe une grande incertitude quant au nombre de groupes électrogènes de secours réellement utilisés dans chaque secteur.

Les assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus dans le cadre des mesures de gestion réglementée *contingentement* et *contingentement immédiat* concernent uniquement les gros consommateurs. Comme les données disponibles ne permettent pas d'établir une distinction entre les différents consommateurs, le calcul des émissions a pris en compte tous les groupes électrogènes de secours d'une sélection de secteurs. En conséquence, les émissions calculées pour les scénarios de contingentement et de contingentement immédiat (S4a à S5) peuvent être surestimées.

Tableau 3 : Structure quantitative par secteur, pour l'année 2022

Secteur	Nombre d'agrégats
Entreprises de construction	113
Services	999
Centrale électrique / Centrale	98
Immobilier / Gestion	17
Industrie / Artisanat	553
Agriculture / Économie forestière	805
Restauration / Hôtellerie	90
Forains / Cirque / Entreprises de loisirs	32
Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées	391
Entreprises de transport	37
Secteur public	2418
Autres secteurs	903
Total	6456

3.2 Exemptions prévues pour les mesures de gestion réglementée

Comme indiqué au chap. 2, les gros consommateurs soumis à une gestion réglementée spécifique à leur secteur d'activité sont exemptés des contingentements et des contingentements immédiats. Les assouplissements de prescriptions environnementales ne s'appliquent pas à l'utilisation de groupes électrogènes de secours par ces gros consommateurs, si bien que les émissions potentielles liées aux assouplissements sont de fait surestimées. Faute de données disponibles, cet effet ne peut pas être pris en compte dans le présent rapport.

Il en va de même pour les exemptions de délestage mentionnées au chap. 2. Faute de données disponibles, les réductions d'émissions correspondantes ne peuvent pas être calculées ni prises en compte.

3.3 Autres délimitations

Une grave pénurie d'électricité, qu'il est possible de surmonter uniquement grâce à des mesures de gestion réglementée, entraîne une baisse de la performance économique. Plus la consommation d'électricité doit être réduite, plus l'impact sur l'économie est important. En cas de délestages, un grand nombre d'entreprises industrielles, par exemple, ne peuvent plus maintenir leur production ni leur

logistique de transport. Les réductions d'émissions qui en résultent ne sont pas prises en compte dans le présent rapport.

En fonction de la durée des mesures de gestion réglementée et du volume des réserves de carburant, il faut s'attendre à ce que la logistique des carburants produise des émissions supplémentaires. Ces dernières ne sont pas prises en compte dans le présent rapport.

3.4 Bilan

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, les données disponibles et l'absence de différenciation entre les secteurs permettent seulement d'estimer l'ordre de grandeur de l'impact environnemental causé par l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité. Les scénarios de contingentement et de contingentement immédiat sont ceux qui présentent la plus grande incertitude.

4 Scénarios

Afin qu'il soit possible de quantifier l'ordre de grandeur des conséquences pour l'environnement, l'AEP, en collaboration avec l'OFEV, a défini les scénarios nécessaires à la réalisation des calculs.

Les hypothèses formulées pour chaque scénario sont présentées en détail ci-après. Elles portent sur les aspects suivants :

- a) **laps de temps** couvert par le scénario ;
- b) **logistique des carburants**, en tant que possible facteur limitant ;
- c) **groupes électrogènes de secours potentiellement concernés** d'après l'inventaire des émissions¹⁰ publié par l'OFEV ;
- d) **durée moyenne d'exploitation** des groupes électrogènes de secours dans trois ou quatre cas d'application ;
- e) **classification sectorielle** pour les cas d'application décrits.

Pour chaque scénario détaillé dans les sections suivantes, les aspects mentionnés ci-dessus ont été pesés et les hypothèses correspondantes ont été définies. Les hypothèses concernant la durée moyenne d'exploitation sont des estimations approximatives ; elles tiennent compte du fait que certaines entreprises et institutions utilisent leurs groupes électrogènes de secours de façon continue en cas de gestion réglementée (pour autant que la logistique des carburants soit assurée) tandis que d'autres ne les utilisent que temporairement et d'autres encore y renoncent complètement. Puisque dans certains secteurs (p. ex. industrie et artisanat, restauration et hôtellerie), le nombre de jours ouvrables par semaine est supérieur à cinq, les scénarios couvrant un mois entier totalisent 25 jours ouvrables. C'est sur la base de ces nombres de jours ouvrables que sont déterminés, pour chaque scénario, les nombres d'heures d'exploitation nécessaires au calcul de l'impact environnemental par secteur ou par groupe de secteurs.

En annexe, le Tableau 5 présente une vue d'ensemble des différents scénarios et des hypothèses sur lesquelles ils reposent. Les hypothèses formulées pour chaque scénario sont expliquées de façon plus détaillée dans les sections 4.1 à 4.7.

4.1 Scénario S1 : Charge de 50 h

a) Laps de temps

Le scénario S1 « Charge de 50 h » s'étend sur environ deux jours (50 heures).

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants n'est pas un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Tous les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions pourraient potentiellement être utilisés.

¹⁰ Cf. note de bas de page 5

d) Durée moyenne d'exploitation

Tous les exploitants de groupes électrogènes de secours les font fonctionner 24 heures par jour pendant environ deux jours. Cela correspond à 50 heures d'exploitation.

e) Classification sectorielle

Il n'y a aucune distinction par secteur d'activité. Tous les groupes électrogènes de secours sont pris en compte.

Remarques :

Conformément à l'OPair, les groupes électrogènes de secours qui sont utilisés tout au plus pendant 50 heures par année sont soumis à des exigences moins strictes que les moteurs à combustion stationnaires classiques. Ces 50 heures d'exploitation permettent la réalisation des essais périodiques de fonctionnement qui sont obligatoires. Le scénario S1 « Charge de 50 h » sert de scénario de comparaison pour les scénarios S3a à S5.

4.2 Scénario S2 : Black-out

a) Laps de temps

Le scénario S2 « Black-out » s'étend sur trois jours, soit 72 heures. Pour certains groupes électrogènes de secours, cela correspond à une durée d'exploitation possible sans ravitaillement en carburant.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants n'est pas un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Tous les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions pourraient potentiellement être utilisés.

d) Durée moyenne d'exploitation

Trois cas d'application ont été différenciés :

1. Les exploitants dont la plupart des infrastructures sont critiques (p. ex. postes de commande, centres de calcul, etc.) font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 24 heures par jour pendant trois jours. Cela correspond à 72 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de black-out.
2. Pour certaines activités (p. ex. dans les exploitations agricoles), des groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 4 heures par jour. Cela correspond à 12 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de black-out.
3. Dans certains secteurs (p. ex. entreprises industrielles), les groupes électrogènes de secours ne sont pas mis en service car ils ne suffiraient pas à maintenir les processus d'exploitation ; en effet, ils ont été dimensionnés pour des cas d'application particuliers, mais pas pour une défaillance totale de l'approvisionnement en électricité. Les stocks de carburant, eux aussi, ont été dimensionnés pour de brèves interruptions uniquement. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée correspond à 0 heure d'exploitation.

e) Classification sectorielle

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Centrale électrique / Centrale, Services (notamment centres de calcul), Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées
2. Immobilier / Gestion, Agriculture / Économie forestière, Restauration / Hôtellerie, Entreprises de transport, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Autres secteurs
3. Entreprises de construction, Industrie / Artisanat, Forains / Cirque / Entreprises de loisirs

Remarques :

Dans ce scénario conçu comme un scénario comparatif, l'utilisation de groupes électrogènes de secours est autorisée en cas de coupures de courant imprévues sans considération de la durée d'exploitation annuelle, et elle ne nécessite aucun assouplissement de prescriptions environnementales par le Conseil fédéral (cf. chap. 2). Dans l'idée d'un scénario du pire, le black-out est supposé se produire pendant des jours ouvrables.

4.3 Scénario S3a : Délestages cycliques 33 %

a) Laps de temps

Le scénario S3a « Délestages cycliques 33 % » s'étend sur quatorze jours. Il prévoit une réduction de la consommation d'électricité d'environ 33 %, correspondant à un tiers du temps.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants peut être un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Tous les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions pourraient potentiellement être utilisés.

d) Durée moyenne d'exploitation

Quatre cas d'application ont été différenciés :

1. Les exploitants dont la plupart des infrastructures sont critiques (p. ex. postes de commande, centres de calcul, etc.) font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 16 heures par jour pendant la totalité des quatorze jours. Cela correspond à 224 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de délestage.
2. Pour pallier la situation, certains groupes électrogènes de secours sont utilisés uniquement en journée, à raison de 4 heures par jour ouvrable. Cela correspond à 40 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de délestage.
3. Pour certaines activités (p. ex. dans les exploitations agricoles), des groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 2 heures par jour. Cela correspond à 28 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de délestage.
4. Certains exploitants ne font pas fonctionner leurs groupes électrogènes de secours car ces derniers ne suffiraient pas à maintenir les processus d'exploitation ; en effet, les groupes électrogènes de secours ont été dimensionnés pour des consommateurs ou des cas d'application particuliers, mais pas pour une défaillance totale de l'approvisionnement en électricité. Les stocks de carburant, eux aussi, ont été dimensionnés pour de brèves interruptions uniquement. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée correspond à 0 heure d'exploitation.

e) Classification sectorielle

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Centrale électrique / Centrale, Services (notamment centres de calcul), Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées
2. Immobilier / Gestion, Industrie / Artisanat, Entreprises de construction, Restauration / Hôtellerie
3. Agriculture / Économie forestière, Entreprises de transport, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Autres secteurs
4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs

Remarques :

Les délestages sont des coupures d'électricité planifiées. C'est à ce titre que le projet d'ordonnance sur le délestage prévoit des assouplissements de prescriptions environnementales (cf. chap. 2). Comme les délestages sont prévus sur un laps de temps relativement long, il est fort probable que des groupes électrogènes de secours soient utilisés de manière ciblée pour faire face à la situation. Le laps de temps

choisi pour ce scénario est inspiré du dossier sur le danger de pénurie d'électricité¹¹ publié par l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP). Pour les délestages s'étalant sur une période plus longue, l'impact sur l'environnement peut être extrapolé à partir des valeurs obtenues avec ce scénario.

4.4 Scénario S3b : Délestages cycliques 50 %

a) Laps de temps

Le scénario S3b « Délestages cycliques 50 % » s'étend sur quatorze jours. Il prévoit une réduction de la consommation d'électricité d'environ 50 %, correspondant à la moitié du temps.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants peut être un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Tous les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions pourraient potentiellement être utilisés.

d) Durée moyenne d'exploitation

Quatre cas d'application ont été différenciés :

1. Les exploitants dont la plupart des infrastructures sont critiques (p. ex. postes de commande, centres de calcul, etc.) font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 16 heures par jour pendant la totalité des quatorze jours. Cela correspond à 224 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de déstage (comme dans le scénario S3a).
2. Pour pallier la situation, certains groupes électrogènes de secours sont utilisés uniquement en journée, à raison de 6 heures par jour ouvrable. Cela correspond à 60 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de déstage.
3. Pour certaines activités (p. ex. dans les exploitations agricoles), des groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 3 heures par jour. Cela correspond à 42 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de déstage.
4. Certains exploitants ne font pas fonctionner leurs groupes électrogènes de secours car ces derniers ne suffiraient pas à maintenir les processus d'exploitation ; en effet, les groupes électrogènes de secours ont été dimensionnés pour des consommateurs ou des cas d'application particuliers, mais pas pour une défaillance totale de l'approvisionnement en électricité. Les stocks de carburant, eux aussi, ont été dimensionnés pour de brèves interruptions uniquement. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée correspond à 0 heure d'exploitation (comme dans le scénario S3a).

e) Classification sectorielle (comme dans le scénario S3a)

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Centrale électrique / Centrale, Services (notamment centres de calcul), Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées
2. Immobilier / Gestion, Industrie / Artisanat, Entreprises de construction, Restauration / Hôtellerie
3. Agriculture / Économie forestière, Entreprises de transport, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Autres secteurs
4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs

Remarques :

Les délestages sont des coupures d'électricité planifiées. C'est à ce titre que le projet d'ordonnance sur le déstage prévoit des assouplissements de prescriptions environnementales (cf. chap. 2). Comme les délestages sont prévus sur un laps de temps relativement long, il est fort probable que des groupes électrogènes de secours soient utilisés de manière ciblée pour faire face à la situation. Le laps de temps choisi pour ce scénario (comme pour le scénario S3a) est inspiré du dossier sur le danger de pénurie

¹¹ Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020 / Dossiers sur les dangers : Pénurie d'électricité. OFPP 2020. Disponibles sous : [Dossiers sur les dangers et scénarios \(admin.ch\)](#) / [Pénurie d'électricité](#)

d'électricité publié par l'OFPP. Pour les délestages s'étalant sur une période plus longue, l'impact sur l'environnement peut être extrapolé à partir des valeurs obtenues avec ce scénario.

4.5 Scénario S4a : Contingentement modéré

a) Laps de temps

Le scénario S4a « Contingentement modéré » s'étend sur un mois. Si le taux de contingentement était supérieur à 85 %, il est probable que les groupes électrogènes de secours ne seraient utilisés que dans de très rares cas puisqu'une réduction de la consommation d'électricité serait alors plus intéressante financièrement (en raison des prix élevés de l'énergie). Pour cette raison, seuls des taux de contingentement inférieurs à 85 % sont pris en compte. Le taux de contingentement appliqué dans le scénario S4a est inférieur à 85 % et égal ou supérieur à 70 %.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants peut être un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Seuls sont pris en compte les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions dont on peut présumer qu'ils appartiennent à un gros consommateur car, en cas de contingentement, les gros consommateurs peuvent faire fonctionner leurs groupes électrogènes de secours sans aucune restriction de durée d'exploitation.

d) Durée moyenne d'exploitation

Quatre cas d'application ont été différenciés :

1. Pour respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles soutiennent systématiquement les réductions d'électricité en faisant fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 4 heures par jour ouvrable. Cela correspond à 100 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
2. Pour soutenir les réductions d'électricité et respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 4 heures par jour. Cela correspond à 120 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
3. Certains groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 2 heures par jour, de manière à garantir que les contingentements ne sont pas dépassés. Cela correspond à 60 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
4. Certains exploitants ne font pas fonctionner leurs groupes électrogènes de secours soit par qu'ils ne sont pas de gros consommateurs, soit parce qu'ils appliquent des solutions sectorielles, soit parce que les réductions peuvent déjà être mises en œuvre sans recourir à des groupes électrogènes de secours. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée pour ces groupes électrogènes de secours correspond à 0 heure d'exploitation.

e) Classification sectorielle

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Industrie / Artisanat
2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services (notamment centres de calcul)
3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs
4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Entreprises de transport, Entreprises de construction

Remarques :

La durée d'utilisation des groupes électrogènes de secours dépend du taux de contingentement imposé. Pour les contingentements s'étalant sur une période plus longue, l'impact sur l'environnement peut être extrapolé à partir des valeurs obtenues avec ce scénario.

4.6 Scénario S4b : Contingentement important

a) Laps de temps

Le scénario S4b « Contingentement important » s'étend sur un mois. Le taux de contingentement appliqué est inférieur à 70 %.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants peut être un facteur limitant.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Seuls sont pris en compte les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions dont on peut présumer qu'ils appartiennent à un gros consommateur car, en cas de contingentement, les gros consommateurs peuvent faire fonctionner leurs groupes électrogènes de secours sans aucune restriction de durée d'exploitation.

d) Durée moyenne d'exploitation

Quatre cas d'application ont été différenciés :

1. Pour respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles soutiennent systématiquement les réductions d'électricité en faisant fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 8 heures par jour ouvrable. Cela correspond à 200 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
2. Pour soutenir les réductions d'électricité et respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 8 heures par jour. Cela correspond à 240 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
3. Certains groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 3 heures par jour, de manière à garantir que les contingentements ne sont pas dépassés. Cela correspond à 90 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
4. Comme dans le scénario S4a, certains exploitants ne font pas fonctionner leurs groupes électrogènes de secours soit parce qu'ils ne sont pas de gros consommateurs, soit parce qu'ils appliquent des solutions sectorielles, soit parce que les réductions peuvent déjà être mises en œuvre sans recourir à des groupes électrogènes de secours. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée pour ces groupes électrogènes de secours correspond à 0 heure d'exploitation.

e) Classification sectorielle (comme dans le scénario S4a)

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Industrie / Artisanat
2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services (notamment centres de calcul)
3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs
4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Entreprises de transport, Entreprises de construction

Remarques :

Comme dans le scénario S4a, la durée d'utilisation des groupes électrogènes de secours dépend du taux de contingentement imposé. Pour les contingentements s'étalant sur une période plus longue, l'impact sur l'environnement peut être extrapolé à partir des valeurs obtenues avec ce scénario.

4.7 Scénario S5 : Contingentement immédiat

a) Laps de temps

Le scénario S5 « Contingentement immédiat » s'étend sur une semaine. Si le taux de contingentement était égal ou supérieur à 90 %, il est probable que les groupes électrogènes de secours ne seraient utilisés que dans de très rares cas puisqu'une réduction de la consommation d'électricité serait alors plus intéressante financièrement (en raison des prix élevés de l'énergie).

Comme le temps de préparation dont disposent les entreprises est plus court qu'en cas de contingentement normal, le seuil imposé pour l'utilisation des groupes électrogènes de secours est plus bas que celui des scénarios S4a et S4b. En conséquence, le taux de contingentement appliqué dans le scénario S5 est inférieur à 90 %.

b) Logistique des carburants

La logistique des carburants n'est pas un facteur limitant car les entreprises concernées sont généralement bien préparées.

c) Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés

Seuls sont pris en compte les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions dont on peut présumer qu'ils appartiennent à un gros consommateur car, en cas de contingentement, les gros consommateurs peuvent faire fonctionner leurs groupes électrogènes de secours sans aucune restriction de durée d'exploitation.

d) Durée moyenne d'exploitation

Quatre cas d'application ont été différenciés :

1. Pour respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles soutiennent systématiquement les réductions d'électricité en faisant fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 4 heures par jour ouvrable. Cela correspond à 20 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
2. Pour soutenir les réductions d'électricité et respecter l'exigence de contingentement, certaines entreprises industrielles font fonctionner leurs groupes électrogènes de secours 4 heures par jour. Cela correspond à 28 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
3. Certains groupes électrogènes de secours sont utilisés sporadiquement 2 heures par jour, de manière à garantir que les contingentements ne sont pas dépassés. Cela correspond à 14 heures d'exploitation sur l'ensemble de la période de contingentement.
4. Comme dans les scénarios S4a et S4b, certains exploitants ne font pas fonctionner leurs groupes électrogènes de secours soit par qu'ils ne sont pas de gros consommateurs, soit parce qu'ils appliquent des solutions sectorielles, soit parce que les réductions peuvent déjà être mises en œuvre sans recourir à des groupes électrogènes de secours. Pour ces raisons, l'hypothèse formulée pour ces groupes électrogènes de secours correspond à 0 heure d'exploitation.

e) Classification sectorielle (comme dans les scénarios S4a et S4b)

Les cas d'application décrits ont été associés aux secteurs suivants :

1. Industrie / Artisanat
2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services (notamment centres de calcul)
3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs
4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public (notamment groupes électrogènes de secours dans des installations de protection civile), Entreprises de transport, Entreprises de construction

Remarques :

Pour les contingentements s'étalant sur une période plus longue, l'impact sur l'environnement peut être extrapolé à partir des valeurs obtenues avec ce scénario.

5 Impact sur l'environnement

5.1 Émissions en cas de pénurie d'électricité, calculées pour chaque scénario

La Figure 1 montre d'une part les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) produites en 2022 par les essais annuels de fonctionnement des groupes électrogènes de secours (durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation) et, d'autre part, les émissions attendues en cas de réalisation des scénarios décrits dans le présent rapport. Les émissions du scénario S4b (cas le plus défavorable) correspondent à une augmentation d'environ 450 % par rapport aux émissions de base. Par rapport au scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »), l'augmentation est d'environ 80 %. Par rapport au volume total des émissions d'oxydes d'azote de la Suisse en 2022, la part des émissions du scénario S4b est d'environ 4 % ; comparée au volume des émissions dues aux transports, elle est d'environ 7 %. Cela équivaut aux émissions d'oxydes d'azote d'environ 3,8 millions de voitures de tourisme à moteur diesel répondant à la norme d'émissions Euro 6d, avec un kilométrage annuel supposé de 15 000 km par an¹².

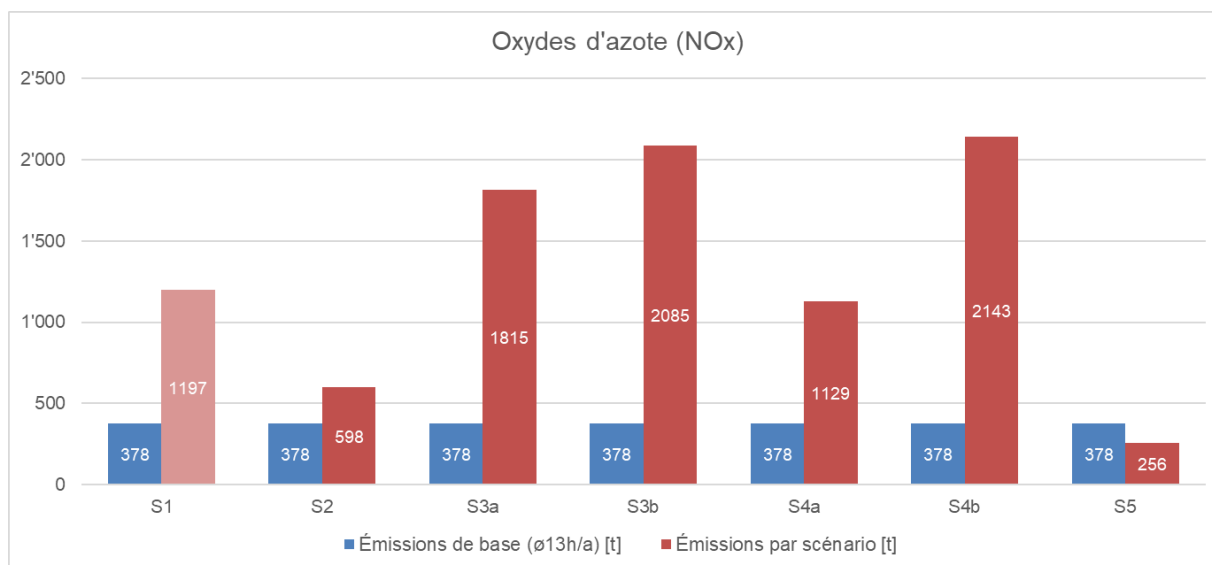


Figure 1 : Émissions d'oxydes d'azote (NO_x) en 2022 (émissions de base ; durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation) et par scénario

S'agissant des émissions de poussières fines (PM₁₀), représentées sur la Figure 2, le scénario le plus défavorable (qui est là aussi le scénario S4b) prévoit une augmentation d'environ 600 % par rapport aux émissions de base de l'année 2022 et quasiment un doublement par rapport aux émissions du scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »). Par rapport au volume total des émissions de poussières fines produites en Suisse par des sources de combustion directes (donc hors sources secondaires et résidus d'abrasion), la part des émissions du scénario S4b est d'environ 1 % ; comparée au volume des émissions dues aux transports, elle est d'environ 11 %. Un camion répondant à la norme Euro VI doit parcourir environ 4 milliards de km pour émettre la même quantité de poussières fines.

¹² D'après l'Office fédéral de la statistique, le parc des voitures de tourisme à moteur diesel comptait 1 319 337 véhicules en 2022, sur un parc total de 6 368 579 véhicules (part du diesel = environ 21 %).

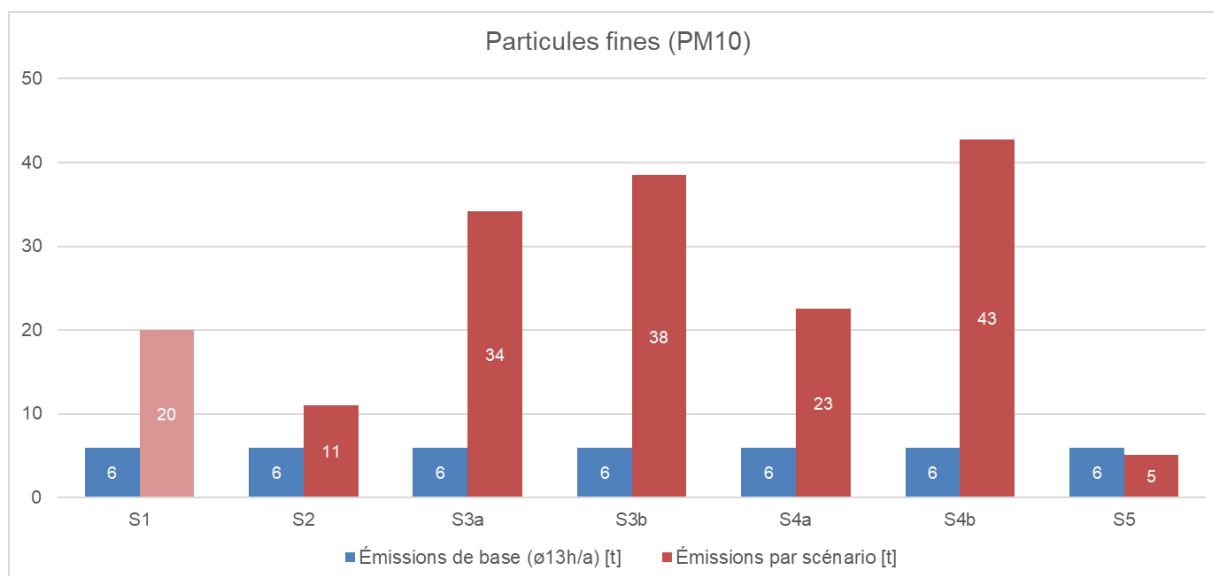


Figure 2 : Émissions de poussières fines (PM₁₀) en 2022 (émissions de base ; durée moyenne d'exploitation de 13 heures par installation) et par scénario

La Figure 3 montre les émissions de monoxyde de carbone (CO) en 2022 (émissions de base) et par scénario. Les émissions du scénario S4b (cas le plus défavorable) correspondent à une augmentation d'environ 450 % par rapport aux émissions de base. Par rapport au scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »), l'augmentation est d'environ 80 %. Pour émettre la quantité d'émissions de monoxyde de carbone du scénario S3a, S3b ou S4b, une voiture de tourisme à moteur diesel répondant à la norme Euro 6d doit parcourir environ 20 milliards de km.

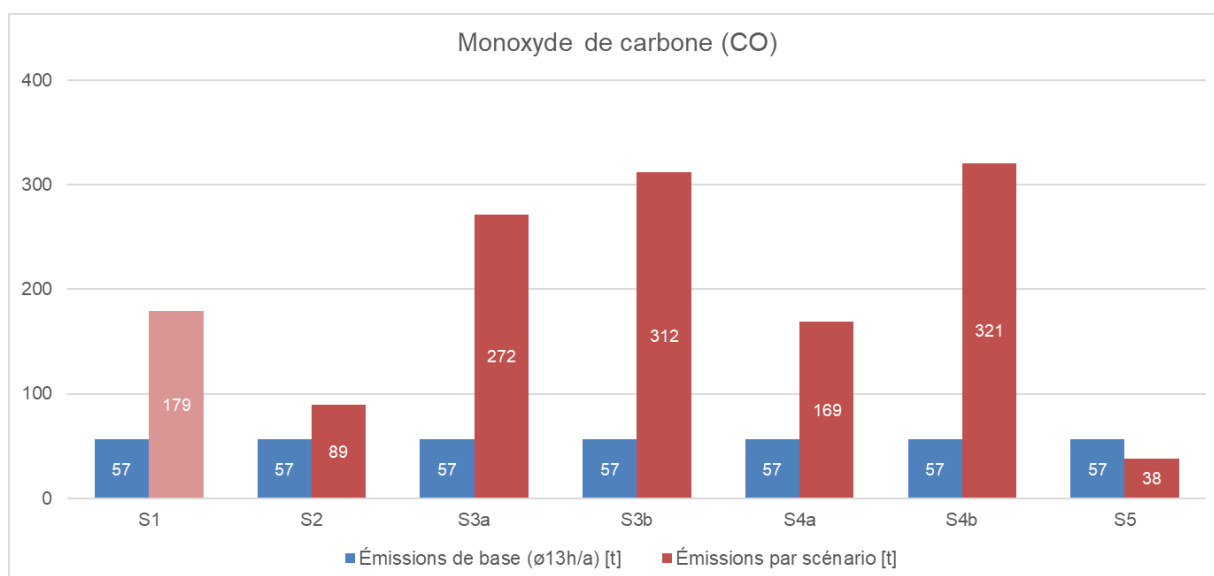


Figure 3 : Émissions de monoxyde de carbone (CO) en 2022 (émissions de base ; durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation) et par scénario

Les émissions de base de dioxyde de carbone (CO₂) ainsi que les émissions par scénario sont présentées sur la Figure 4. Les émissions du scénario S4b (cas le plus défavorable) correspondent à une augmentation d'environ 450 % par rapport aux émissions de base. Par rapport au scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »), l'augmentation est d'environ 80 %. La part des émissions des scénarios S3b et S4b dans le volume total des émissions de CO₂ de la Suisse en 2022 est de 0,5 % ; comparée au volume des émissions de CO₂ dues aux transports, elle est d'environ 1 %. Une voiture de tourisme à moteur diesel répondant à la norme Euro 6d doit parcourir environ 1 milliard de km pour émettre la même quantité de CO₂.

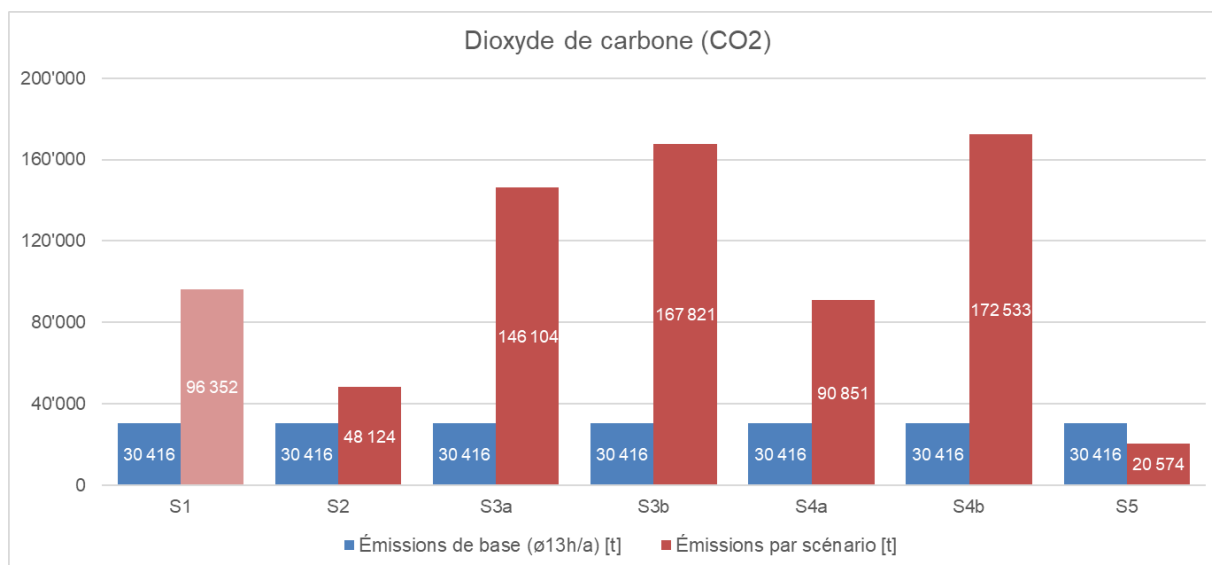


Figure 4 : Émissions de dioxyde de carbone (CO₂) en 2022 (émissions de base ; durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation) et par scénario

Complément : Impact environnemental liés aux mesures de prévention d'une pénurie (réserve hydroélectrique, centrales de réserve et groupes électrogènes de secours regroupés en pools)

Dans le cadre de ce complément, il est expliqué quels impacts environnementaux pourraient survenir s'il s'agit d'éviter une pénurie d'électricité en utilisant les réserves d'énergie pour l'hiver sous forme de réserve hydroélectrique, de centrales de réserve et de groupes électrogènes de secours regroupés en pools. Les effets mentionnés ci-dessous, qui résultent de la prévention d'une pénurie, sont prioritaires par rapport aux effets des mesures de gestion réglementée et doivent donc être considérés de manière cumulative si, malgré les efforts déployés pour éviter une pénurie d'électricité, des mesures de gestion réglementée sont mises en place.

Les hypothèses concernant les quantités d'énergie et les temps de fonctionnement des centrales électriques de réserve se fondent sur le rapport du 28 juillet 2023 « Adequacy-Berechnungen im Rahmen der Vorbereitung der Ausschreibung von Reservekraftwerken » de Swissgrid¹³. Selon le scénario appliqué, la plage de temps nécessaire pour éviter une pénurie va de zéro à sept semaines d'utilisation de centrales de réserve d'une puissance installée de 400 MW.

Actuellement, les centrales de réserve totalisent 330 MW (Birr : 250 MW, Cornaux : 30 MW, CIMO Monthey : 50 MW). À cela s'ajoutent actuellement environ 280 MW de groupes électrogènes de secours regroupés en centrales électriques virtuelles. Afin de prendre en compte l'éventail des scénarios, trois scénarios sont présentés.

Le scénario A présente l'impact environnemental causé si l'ensemble des centrales de réserve installées et des groupes électrogènes de secours regroupés en pools sont exploités pendant 24 heures.

Le scénario B suppose que les centrales de réserve soient exploitées pendant deux semaines et les groupes électrogènes de secours regroupés en pools, pendant 48 heures. Il a été choisi dans le cadre de l'analyse des coûts réalisée à l'occasion de l'appel d'offres pour les centrales de réserve. La plupart des groupes électrogènes de secours disposent d'un réservoir d'une capacité suffisante pour une exploitation de 48 heures. Ainsi, le scénario est plausible sans logistique d'approvisionnement coûteuse.

Le troisième scénario, le scénario C « Worst Case », envisage une production d'électricité permettant d'éviter complètement la pénurie d'électricité. Ce scénario se base sur une puissance installée de 400 MW pour les centrales de réserve, qui produisent à pleine charge pendant sept semaines. Ces 400 MW ne sont pas encore disponibles et seront acquis pour la période à partir de 2027. La composition technologique de cette puissance est donc encore inconnue. Pour les calculs de ce scénario, on se base

¹³ Adequacy-Berechnungen im Rahmen der Vorbereitung der Ausschreibung von Reservekraftwerken. Swissgrid 2023. Commandé par la Commission fédérale de l'électricité ElCom, Berne. Disponible sous : [Garantie de la sécurité de l'approvisionnement en 2025 - Actualisation des calculs](#) (à partir de la page 7).

donc sur le portefeuille actuellement disponible de 330 MW et on suppose que les centrales de réserve fonctionneront à pleine charge pendant sept semaines.

Pour calculer l'impact environnemental, le scénario considère une approche simplifiée d'un fonctionnement uniquement au gaz. Afin de prendre également en compte l'impact environnemental des groupes électrogènes de secours regroupé en pools, on suppose qu'en plus des centrales de réserve, ces derniers sont exploités pendant 48 heures. Pour les groupes électrogènes de secours regroupé en pools, on suppose dans les trois scénarios un fonctionnement purement au diesel sur la base du mix de groupes électrogènes de secours actuellement sous contrat. Ce mix se compose de 56 MW de groupes électrogènes de secours équipés de SCR et de DPF, de 143 MW de groupes électrogènes de secours équipés uniquement de DPF et de 81 MW de groupes électrogènes de secours sans SCR et sans DPF.

L'utilisation de la réserve hydroélectrique a déjà été prise en compte dans l'étude Swissgrid mentionnée ci-dessus et n'a aucune incidence sur l'impact environnemental.

Impact environnemental des scénarios présentés

Scénario A – centrales de réserve [24 h] / groupes électrogènes de secours [24 h] : exploitée pendant 24 heures, la réserve thermique émet au total 54 t d'oxydes d'azote, 0,5 t de particules fines et 10 t de monoxyde de carbone. Les groupes électrogènes de secours causent la majeure partie des émissions d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone (plus de 90 % des émissions). En raison de l'approche simplifiée selon laquelle les centrales de réserve ne fonctionnent qu'au gaz, les particules fines sont exclusivement causées par les groupes électrogènes de secours.

Scénario B – centrales de réserve [deux semaines] / groupes électrogènes de secours [48 h] : exploitée pendant deux semaines, la réserve thermique émet au total 165 t d'oxydes d'azote, 1 t de particules fines et 30 t de monoxyde de carbone. La part réduite des groupes électrogènes de secours a un effet positif sur les émissions d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone, car celles-ci diminuent par rapport à l'énergie produite.

Scénario C – centrales de réserve [7 semaines] / groupes électrogènes de secours [48h] : exploitée pendant sept semaines, la réserve thermique émet au total 332 t d'oxydes d'azote, 1 t de particules fines et 62 t de monoxyde de carbone. En ce qui concerne les émissions d'oxydes d'azote et les particules fines, leur diminution du fait d'une utilisation réduite des groupes électrogènes de secours par rapport au scénario 24 h est encore plus perceptible. Dans le pire des scénarios, les émissions de ces trois polluants représentent moins de 1 % des émissions annuelles en Suisse.

Une comparaison de l'impact environnemental moyen des groupes électrogènes de secours regroupé en pools avec celui des centrales de réserve montre que ces dernières produisent en trois semaines la même quantité d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone par mégawatt que les groupes électrogènes de secours regroupé en pools en 48 heures. En raison de l'approche simplifiée selon laquelle les centrales de réserve ne fonctionnent qu'au gaz, les particules fines sont exclusivement causées par les groupes électrogènes de secours.

6 Mesures visant à réduire l'impact sur l'environnement

Le mandat d'examen (cf. section 2.1) doit non seulement établir l'impact environnemental des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité, mais également proposer des mesures visant à réduire cet impact autant que possible. À cette fin, des mesures sont envisageables tant sur le plan de la technique que sur celui de l'exploitation. Ces mesures sont détaillées et évaluées dans les sections ci-après.

6.1 Mesures techniques

La première mesure possible consiste à moderniser les groupes électrogènes de secours de sorte qu'ils atteignent le même niveau technique que les moteurs à combustion stationnaires, qui sont soumis à des exigences de qualité de l'air plus strictes que les groupes électrogènes de secours stationnaires. Ces exigences comprennent notamment une valeur limite plus basse pour les émissions sous forme de poussières (poussières fines) ainsi que le respect de valeurs limites pour les émissions d'oxydes d'azote

(NO_x), de monoxyde de carbone (CO) et – en cas d'utilisation d'un système de dénitrification SCR¹⁴ – d'ammoniac (NH₃). Conformément à l'OPair, ces installations pourraient alors être utilisées sans restriction, même en dehors d'une situation de pénurie d'électricité. Les éventuelles prescriptions cantonales supplémentaires, par exemple dans le domaine de l'utilisation des rejets de chaleur, sont réservées.

En fonction de la technologie de dépollution des groupes électrogènes de secours concernés, cette modernisation peut prendre la forme des deux mesures techniques suivantes :

1. équiper l'installation d'un filtre à particules diesel (DPF) ;
2. équiper l'installation d'un système de dénitrification (SCR).

Pour déterminer le potentiel de ces deux mesures en termes de réduction des émissions, des calculs ont été effectués pour tous les scénarios en retenant comme hypothèse que tous les groupes électrogènes de secours répertoriés dans l'inventaire des émissions sont équipés d'un filtre à particules diesel et d'un système de dénitrification. Les coefficients d'émission qui ont été utilisés pour les calculs sont ceux figurant dans l'inventaire de l'OFEV (à titre de comparaison, les coefficients d'émission sans DPF et sans SCR sont donnés entre parenthèses) :

Tableau 4 : Coefficients d'émission applicables aux technologies de dépollution DPF (filtre à particules diesel) et SCR (système de dénitrification)

Coefficient d'émission	PM ₁₀ [g/GJ]	NO _x [g/GJ]
avec DPF (sans DPF)	1,0 (30,0)	---
avec SCR (sans SCR)	---	58,7 (942,0)

La Figure 5 montre les émissions de poussières fines (PM₁₀) par scénario sans mise en œuvre d'une mesure de réduction (chiffres identiques à ceux de la Figure 2) et les émissions par scénario avec mise en œuvre de la mesure 1 (c.-à-d. avec tous les groupes électrogènes de secours équipés d'un filtre à particules diesel). Dans le cas du scénario S4b, la réduction d'émissions attendue est d'environ 40 tonnes de poussières fines. Pour tous les scénarios, le potentiel de réduction des poussières fines est autour de 90 %.

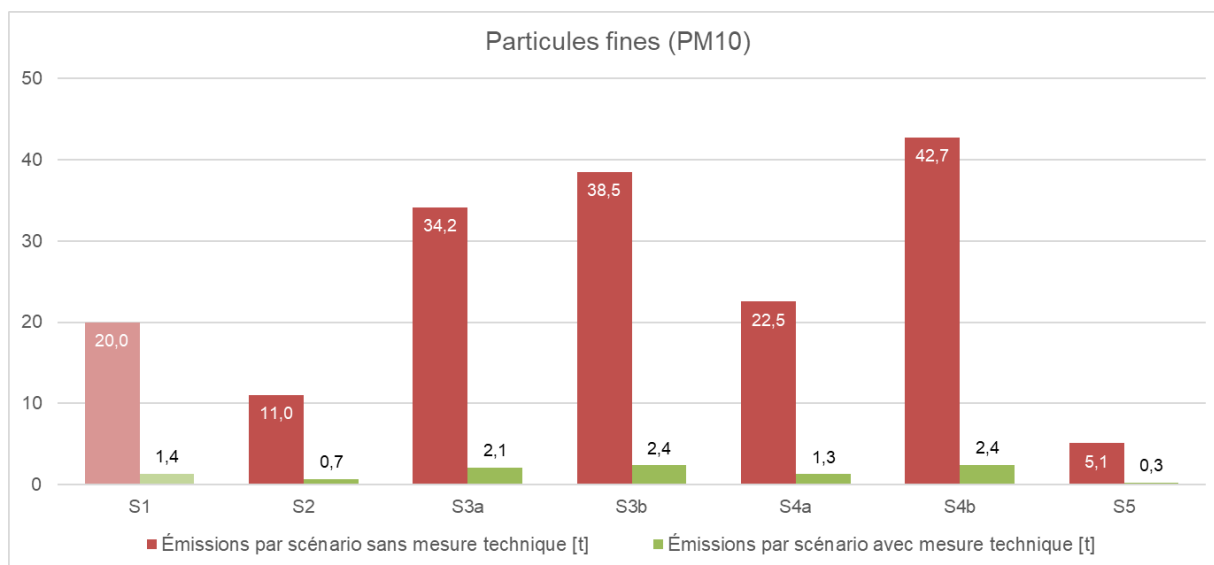


Figure 5 : Émissions de poussières fines (PM₁₀) par scénario, avec et sans mesure technique

¹⁴ Conformément à l'annexe 2, ch. 82, OPair. Les groupes électrogènes de secours (stationnaires) sont soumis aux exigences moins strictes définies à l'annexe 2, ch. 827 et 837, OPair.

Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) par scénario sans mise en œuvre d'une mesure de réduction (chiffres identiques à ceux de la Figure 1) sont présentées sur la Figure 6, de même que les émissions par scénario avec mise en œuvre de la mesure 2 (c.-à-d. avec tous les groupes électrogènes de secours équipés d'un système de dénitrification). Dans le cas des scénarios S3b et S4b, la réduction d'émissions attendue est d'environ 2000 tonnes d'oxydes d'azote. Pour tous les scénarios, le potentiel de réduction est autour de 90 %. En raison de la méthode de calcul utilisée, ce potentiel de réduction doit être considéré comme une valeur maximale. Le coefficient d'émission NO_x appliqué à l'ensemble de la structure quantitative a été déduit des mesures d'émissions qui, dans le cadre de l'inventaire de l'OFEV, étaient disponibles pour des groupes électrogènes de secours déjà équipés d'une installation SCR. Généralement, ces moteurs sont déjà optimisés de manière à limiter les émissions autant que possible et ils sont plus récents que les groupes électrogènes de secours sans SCR, si bien qu'ils affichent déjà de plus faibles niveaux d'émissions brutes. Pour des moteurs plus anciens avec un post-équipement, il est réaliste de tabler sur un degré de conversion des oxydes d'azote de l'ordre de 60 à 80 %, en fonction de paramètres tels que la température des gaz d'échappement, la technologie de régulation ou le revêtement du catalyseur.

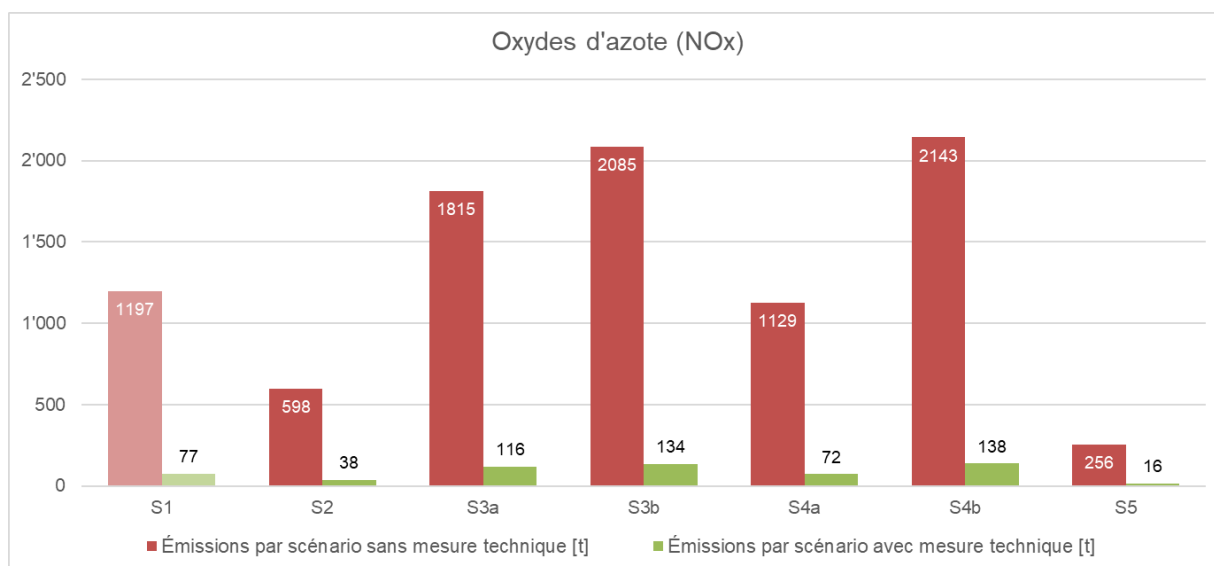


Figure 6 : Émissions d'oxydes d'azote (NO_x) par scénario, avec et sans mesure technique

6.2 Mesures touchant à l'exploitation

En plus des mesures techniques décrites à la section 6.1, d'autres mesures touchant à l'exploitation seraient envisageables également. Par exemple, il serait possible de limiter la durée d'exploitation de tous les groupes électrogènes de secours ou de ceux de certains secteurs uniquement, ce qui aurait un impact direct sur la réduction des émissions supplémentaires par scénario. Cette mesure obligerait à apporter aux projets d'ordonnance (préparés dans le cadre des travaux législatifs) des ajustements spécifiques à la période du contingentement, du contingentement immédiat ou du délestage (cf. chap. 2). La capacité de cette mesure à réduire les émissions supplémentaires dépendrait de la limitation de durée appliquée aux groupes sélectionnés, sachant qu'une telle mesure aurait nécessairement pour effet de réduire aussi la marge de manœuvre des exploitants. Compte tenu du degré d'incertitude des données disponibles et du fait qu'elles ne permettent aucune différenciation par secteur d'activité, et puisque les limitations de durée d'exploitation sont contraires à l'intention d'accorder une plus grande marge de manœuvre aux exploitants en cas de pénurie d'électricité, cette mesure est toutefois jugée inapplicable.

6.3 Évaluation des mesures

Les mesures techniques proposées pourraient réduire les émissions de poussières fines (PM_{10}) d'environ 90 % et les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) de 60 à 80 % en fonction de la technologie utilisée. La faisabilité technique de la mesure 1 « équiper l'installation d'un filtre à particules diesel (DPF) » et de la mesure 2 « équiper l'installation d'un système de dénitrification (SCR) » peut être considérée comme acquise, car ces technologies de dépollution correspondent à l'état actuel de la technique. Dans la pratique, la mesure 1 pourrait toutefois être plus facilement réalisable sur le plan de l'exploitation, pour des raisons d'encombrement et de coût : premièrement, un post-équipement avec un

filtre à particules diesel ne pose généralement aucun problème en termes de place, tandis que, dans certains cas, l'espace peut manquer pour équiper les groupes électrogènes de secours d'un système de dénitrification ; deuxièmement, il coûte généralement plus cher de moderniser une installation en l'équipant d'un système de dénitrification qu'en l'équipant d'un filtre à particules diesel. Par ailleurs, le droit autorise déjà la mise en œuvre de la mesure 1, et cette dernière est pertinente au regard du caractère cancérigène des poussières fines. Les groupes électrogènes de secours qui ne sont pas encore dotés d'un filtre à particules diesel peuvent faire l'objet d'un assainissement sur la base des exigences de l'OPair.

Pour les groupes électrogènes de secours qui ont été inclus dans la réserve complémentaire en application de l'OIRH¹⁵, les exploitants peuvent, sous certaines conditions, être indemnisés pour des post-équipements liés à des exigences environnementales, en plus de la rétribution pour leur participation à la réserve d'électricité. Cela peut rendre le post-équipement de ces groupes électrogènes de secours nettement plus acceptable sur le plan économique.

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, la mesure 2 « équiper l'installation d'un système de dénitrification (SCR) » n'est pas facile à mettre en pratique avec tous les groupes électrogènes de secours. Il est préférable de l'envisager plutôt pour les installations de grande taille, qui ont des débits massifs d'émissions plus élevés que les petites installations en raison d'une plus grande puissance d'entrée. Ainsi, la mesure 2 pourrait par exemple être réalisée à partir d'une certaine puissance calorifique (p. ex. 1 MW). Ces réflexions font l'objet de discussions au sein de groupes de travail cantonaux chargés d'harmoniser l'exécution (tâche déléguée aux cantons par l'OPair). Conformément à l'OPair, les cantons sont également compétents pour la limitation préventive des émissions dans le cadre des exigences moins strictes applicables aux groupes électrogènes de secours (notamment pour les oxydes d'azote). Les cantons ont rempli cette tâche en publiant la recommandation « Mesures de réduction des émissions pour les groupes électrogènes de secours »¹⁶, qui est régulièrement mise à jour par le groupe de travail compétent.

Outre des mesures techniques, des mesures touchant à l'exploitation seraient envisageables également. Cependant, elles entraîneraient une perte de souplesse pour les exploitants, ce qui serait contraire à l'intention de leur accorder une plus grande marge de manœuvre en cas de pénurie d'électricité. Pour cette raison, de telles mesures sont jugées inapplicables.

7 Conclusions

Les résultats montrent que l'utilisation de groupes électrogènes de secours par les gros consommateurs en cas de délestage cyclique, de contingentement ou de contingentement immédiat fait augmenter de façon considérable les émissions de polluants atmosphériques (notamment oxydes d'azote, monoxyde de carbone et poussières fines), ce qui peut provoquer des niveaux élevés de pollution aux alentours des installations. Cette utilisation génère en outre des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre.

Les différents scénarios montrent quels impacts environnementaux sont produits dans quelle situation. Dans le cas le plus défavorable (scénario S4b), les émissions de NO_x, de CO et de CO₂ représentent une augmentation d'environ 450 % par rapport aux émissions de base (émissions en situation normale pour une durée moyenne d'exploitation de 13 h par installation ; état en 2022). Par rapport au scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »), l'augmentation est d'environ 80 %. S'agissant des émissions de poussières fines (PM₁₀), le scénario le plus défavorable (qui est là aussi le scénario S4b) prévoit une augmentation d'environ 600 % par rapport aux émissions de base de l'année 2022 et quasiment un doublement par rapport aux émissions du scénario comparatif S1 (« Charge de 50 h »). Le scénario S4b prévoit un contingentement important (< 70 %) sur une période d'un mois. Il convient de rappeler que les données disponibles n'ont permis qu'une estimation approximative de ces émissions attendues.

Le présent rapport montre que les émissions de poussières fines (PM₁₀) et d'oxydes d'azote (NO_x) pourraient être considérablement réduites si tous les groupes électrogènes de secours étaient équipés d'un filtre à particules diesel et si tous les grands groupes électrogènes de secours étaient équipés d'un système de dénitrification. Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) pourraient diminuer de 60 à 80 % et les émissions de poussières fines (PM₁₀) d'environ 90 %. Au vu du droit actuel, il est possible de mettre

¹⁵ Cf. note de bas de page 9

¹⁶ Recommandation n° 32 « [Mesures de réduction des émissions pour les groupes électrogènes de secours](#) » de la Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air (Cerc'Air)

en œuvre la mesure 1 « équiper l'installation d'un filtre à particules diesel (DPF) » pour tous les groupes électrogènes de secours qui ne sont pas encore dotés d'un tel dispositif. La mise en œuvre de cette mesure est par ailleurs pertinente en raison du caractère cancérigène des poussières fines. Pour la mesure 2 « équiper l'installation d'un système de dénitrification (SCR) », il serait judicieux de définir une puissance d'entrée (p. ex. 1 MW) à partir de laquelle le post-équipement d'un groupe électrogène de secours serait réalisable sur le plan de l'exploitation et supportable sur le plan économique.

Les deux mesures visant à réduire l'impact environnemental des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité peuvent être mises en œuvre dans le cadre des bases légales existantes et en collaboration avec les services cantonaux de protection de l'air.

8 Annexe

8.1 Vue d'ensemble des scénarios

Tableau 5 : Vue d'ensemble des hypothèses formulées dans les scénarios S1 à S5

Scénario	Laps de temps	Logistique des carburants (limitant : oui/non)	Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés	Durée moyenne d'exploitation (cas d'application)	Classification sectorielle	Différences de classification	Nombre total d'heures par groupe de secteurs
S1 : Charge de 50 h	~2 jours	non	tous	50 h	aucune différenciation – tous les secteurs	---	50 h
S2 : Black-out	3 jours	non	tous	1. 24 h par jour 2. 4 h par jour 3. 0 h par jour	1. Centrale électrique / Centrale, Services, Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées 2. Immobilier / Gestion, Agriculture / Économie forestière, Restauration / Hôtellerie, Entreprises de transport, Secteur public, Autres secteurs 3. Entreprises de construction, Industrie / Artisanat, Forains / Cirque / Entreprises de loisirs	Par rapport aux scénarios S3a et S3b : 1. classification identique 2. classification différente 3. classification différente	1. 72 h 2. 12 h 3. 0 h
S3a : Délestages cycliques 33 %	14 jours	oui	tous	1. 16 h par jour 2. 4 h par jour ouvrable 3. 2 h par jour 4. 0 h par jour	1. Centrale électrique / Centrale, Services, Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées 2. Immobilier / Gestion, Industrie / Artisanat, Entreprises de construction, Restauration / Hôtellerie 3. Agriculture / Économie forestière, Entreprises de transport, Secteur public, Autres secteurs 4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs	S3a et S3b : classification identique	1. 224 h 2. 40 h 3. 28 h 4. 0 h

Scénario	Laps de temps	Logistique des carburants (limitant : oui/non)	Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés	Durée moyenne d'exploitation (cas d'application)	Classification sectorielle	Différences de classification	Nombre total d'heures par groupe de secteurs
S3b : Délestages cycliques 50 %	14 jours	oui	tous	1. 16 h par jour 2. 6 h par jour ouvrable 3. 3 h par jour 4. 0 h par jour	1. Centrale électrique / Centrale, Services, Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées 2. Immobilier / Gestion, Industrie / Artisanat, Entreprises de construction, Restauration / Hôtellerie 3. Agriculture / Économie forestière, Entreprises de transport, Secteur public, Autres secteurs 4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs	S3a et S3b : classification identique	1. 224 h 2. 60 h 3. 42 h 4. 0 h
S4a : Contingentement modéré (taux de contingentement < 85 % et ≥ 70 %)	1 mois - 30 jours - 25 jours ouvrables	oui	uniquement les gros consommateurs*	1. 4 h par jour ouvrable 2. 4 h par jour 3. 2 h par jour 4. 0 h par jour	1. Industrie / Artisanat 2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services 3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs 4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public, Entreprises de transport, Entreprises de construction	Par rapport aux scénarios S2, S3a et S3b : classification différente Par rapport aux scénarios S4b et S5 : classification identique	1. 100 h 2. 120 h 3. 60 h 4. 0 h
S4b : Contingentement important (taux de contingentement < 70 %)	1 mois - 30 jours - 25 jours ouvrables	oui	uniquement les gros consommateurs*	1. 8 h par jour ouvrable 2. 8 h par jour 3. 3 h par jour 4. 0 h par jour	1. Industrie / Artisanat 2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services 3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs	Par rapport aux scénarios S2, S3a et S3b : classification différente	1. 200 h 2. 240 h 3. 90 h 4. 0 h

Scénario	Laps de temps	Logistique des carburants (limitant : oui/non)	Groupes électrogènes de secours potentiellement concernés	Durée moyenne d'exploitation (cas d'application)	Classification sectorielle	Différences de classification	Nombre total d'heures par groupe de secteurs
					4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public, Entreprises de transport, Entreprises de construction	Par rapport aux scénarios S4a et S5 : classification identique	
S5 : Contingentement immédiat (taux de contingentement < 90 %)	1 semaine - 7 jours - 5 jours ouvrables	non	uniquement les gros consommateurs*	1. 4 h par jour ouvrable 2. 4 h par jour 3. 2 h par jour 4. 0 h par jour	1. Industrie / Artisanat 2. Hôpitaux / Maisons pour personnes âgées, Services 3. Agriculture / Économie forestière, Immobilier / Gestion, Restauration / Hôtellerie, Autres secteurs 4. Forains / Cirque / Entreprises de loisirs, Centrale électrique / Centrale, Secteur public, Entreprises de transport, Entreprises de construction	Par rapport aux scénarios S2, S3a et S3b : classification différente Par rapport aux scénarios S4a et S4b : classification identique	1. 20 h 2. 28 h 3. 14 h 4. 0 h

* Pour le calcul des émissions, tous les groupes électrogènes de secours d'un secteur donné sont pris en compte.

8.2 Méthode de calcul

Afin de quantifier l'impact environnemental des assouplissements de prescriptions environnementales qui sont prévus pour l'utilisation de groupes électrogènes de secours en cas de pénurie d'électricité, les émissions ont été calculées sur la base de la consommation d'énergie finale par scénario et des coefficients d'émission de l'agent énergétique utilisé :

Formule 1 :

$$Em = \frac{CF \times CE}{10^6} \times 3600$$

Em = émissions annuelles [t/a] ou émissions par scénario [t]

CF = consommation d'énergie finale [GWh/a]

CE = coefficient d'émission [g/GJ]

10^6 = facteur de conversion [g] vers [t]

3600 = facteur de conversion [GWh] vers [GJ]

Les coefficients d'émission utilisés pour les calculs proviennent de l'inventaire des émissions de l'OFEV ; ils sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Les technologies de dépollution considérées sont notées « DPF » (pour filtre à particules diesel) et « SCR » (pour *Selective Catalytic Reduction*, catalyseur pour la dénitrification des gaz d'échappement).

Tableau 6 : Coefficients d'émission pour l'huile de chauffage extra-légère (HEL) en fonction de la technologie de dépollution

Agent énergétique	Technologie de dépollution	NO _x [g/GJ]	CO [g/GJ]	PM ₁₀ [g/GJ]	CO ₂ [g/GJ]
HEL	aucune	942,0	137,1	30,0	73 700
	DPF	942,0	137,1	1,0	73 700
	DPF + SCR	58,7	137,1	1,0	73 700

La consommation d'énergie finale s'obtient en multipliant le nombre d'installations par la puissance d'entrée, le facteur de charge moyen et le nombre d'heures d'exploitation (annuelles) :

Formule 2 :

$$CF = \frac{N \times P_{in} \times \lambda \times h}{10^6}$$

CF = consommation d'énergie finale [GWh/a]

N = nombre d'installations

P_{in} = puissance d'entrée (= puissance calorifique) [kW]

λ = facteur de charge (sans dimension)

h = heures d'exploitation (annuelles ou par scénario) par installation [h/a]

10^6 = facteur de conversion [kW] vers [GW]