Cercl Air
Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria
Swiss society of air protection officers

Recommandation Cercl'Air nº 36

Novembre 2026

Exécution distance minimale pour les installations d'élevage

Aide à l'exécution de l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair)

Contenu

Préface 3
Introduction 3
1 Bases légales 8
2 Différences par rapport à Agroscope Science n° 59 8
3 Calcul de la distance minimale 8
3.1 Détermination des surfaces dégageant des odeurs 8
3.2 Détermination de la puissance olfactive 9
3.3 Installations de méthanisation agricole 9
3.4 Mesures de réduction des odeurs 10
3.4.1 Epuration de l'air vicié 10
3.4.2 Surélévation du panache de rejet de l'air vicié 11
3.4.3 Utilisation saisonnière (alpage, pâturage, alimentation, etc.) 11
3.4.4 Surfaces de stockage abritées pour substrats solides et engrais de ferme solides 12
3.5 Formule de calcul de la distance minimale 12
4 Constellation en cas de sources multiples 13
5 Adaptation de la distance minimale 15
5.1 Zones d'affectation 15
5.2 Courants d'air 16
5.3 Distance minimale inférieure à 40 mètres et sources individuelles distantes, de faible puissance 17
6 Mesure des distances 18
7 Modélisation 20
8 Immissions excessives 20
9 Références bibliographiques 22
Annexes 23
A1 Éléments de l'installation dans l'élevage 23
A2 Facteurs spécifiques aux espèces animales et aux systèmes de détention 26
A3 Mesures préventives spécifiques à la situation 28
A4 Justification des différences par rapport à l'AS59 29
A4-1 Problèmes des formules de calcul de l'AS59 29
A4-2 Procédure à suivre pour résoudre les problèmes exposés 31
A4-3 Justification d'autres différences par rapport à l'AS59 34

Préface

En automne 2023, la Conférence des services de l'environnement (CCE) a chargé le Cercl'Air de clarifier l'application des dispositions fixées dans « Agroscope Science » n° 59 (AS59) [1] et d'élaborer, pour une période transitoire d'au moins cinq ans, une recommandation d'application concernant les distances minimales à respecter pour les installations d'élevage. Un sous-groupe de travail de neuf personnes du groupe de travail Cercl'Air « Agriculture » s'est chargé de ce travail et a élaboré la présente recommandation Cercl'Air au cours de quatorze réunions avec le soutien du bureau ecolot GmbH.

Au cours de l'hiver 2025/2026, la Conférence suisse des services de l'agriculture cantonaux (COSAC) et la Conférence suisse des aménagistes cantonaux (COSAC) ont été informées par la CCE du contenu et de la procédure relatifs à la recommandation Cercl'Air et ont été invitées à prendre position. Leurs retours ont été pris en compte et intégrés dans la mesure du possible.

Introduction

Afin de limiter assez tôt les pollutions atmosphériques qui pourraient devenir nuisibles ou incommodantes, des valeurs limites sont fixées dans la mesure du possible dans le domaine de la protection de l'environnement et de l'air. Pour les odeurs issues de l'élevage, il n'existe pas de valeurs limites d'émissions ou d'immissions chiffrées. L'ordonnance sur la protection de l'air (OPair ; RS 814.318.142.1) stipule en revanche que, lors de la construction d'installations d'élevage, les distances minimales requises par les règles reconnues de l'élevage doivent être respectées par rapport aux zones habitées ; d'un point de vue juridique, il s'agit d'une limitation préventive des émissions (cf. art. 3 OPair). En outre, les installations d'élevage ne doivent pas générer des immissions d'odeurs excessives.

Le Tribunal fédéral s'est penché sur la question de savoir quelles recommandations devaient être prises en compte pour le calcul des distances minimales par rapport aux zones habitées selon l'art. 3, al. 2, let. a OPair et l'annexe 2, ch. 512 OPair. Il a estimé qu'en principe, les recommandations de l'AS59 devaient être privilégiées. Celles-ci représentent les bases techniques les plus récentes et proviennent du centre de recherche Agroscope, compétent pour le secteur agroalimentaire, qui est légalement chargé d'élaborer des bases de décision pour la législation des autorités fédérales et pour l'exécution de la législation agricole. Toutefois, les études d'Agroscope n'ont pas de caractère contraignant, mais sont des directives édictées par des spécialistes qui guident les autorités dans l'application du droit fédéral. Les autorités cantonales spécialisées disposent donc d'une marge d'appréciation dans l'application des directives, afin de tenir compte des circonstances particulières de chaque cas. En outre, il faut s'assurer que les recommandations d'Agroscope restent dans le cadre légal. Les autorités cantonales ont donc le droit et l'obligation de vérifier (au moins sommairement) si elles sont correctes (cf. parmi d'autres arrêts du TF 1C_333/2019 du 5 novembre 2021 et 1C_113/2022 du 13 avril 2023).

Des incohérences ont été constatées dans l'application de l'AS59, entre autres dans la formule de calcul. Celle-ci a des répercussions, en particulier, pour les petites étables à bovins et / ou lorsqu'il existe au moins deux sources séparées. Dans ces cas, la formule erronée donne des distances minimales trop importantes.

La présente recommandation Cercl'Air permet de vérifier l'exactitude des formules de calcul de la distance minimale conformément à la jurisprudence du Tribunal fédéral, de corriger les incohérences et, parallèlement, de promouvoir une pratique uniforme en matière d'exécution.

La recommandation Cercl'Air indique comment calculer les distances minimales et comment traiter les résultats du calcul.[1] Les écarts par rapport à l'AS59 sont indiqués dans l'annexe A4 et justifiés sur le plan technique.

[1] Un calculateur de distance (document Excel) est disponible pour calculer la distance minimale conformément à la présente recommandation.

Recommandation n° 36: Exécution distance minimale pour les installations d'élevage	Cercl'Air

La présente recommandation Cercl'Air met en pratique un changement primordial dans le calcul des distances minimales selon l'AS59. Désormais, l'élément à considérer pour le calcul de l'intensité de la source d'odeur et donc de la distance minimale n'est plus le nombre d'animaux, mais la taille des surfaces souillées. La formation et l'émission de substances odorantes dans les installations d'élevage sont extrêmement complexes et dépendent de nombreux facteurs. Il est admis que les animaux eux-mêmes n'émettent en général guère d'odeurs mais c'est surtout le cas pour les surfaces souillées. Le schéma de calcul des émissions de l'AS59 et de la recommandation Cercl'Air est toutefois très simplifié, il ne tient par exemple pas compte du fait que les animaux modifient leur comportement en fonction de l'espace disponible et que le degré de nouvelles surfaces souillées dépend bien du nombre d'animaux. Tant l'ancien calcul du rapport FAT n° 476 [2], basé sur le nombre d'animaux, que le nouveau calcul de la présente recommandation, basé sur les surfaces souillées, constituent dans le meilleur des cas une approximation de la situation réelle dans une exploitation agricole. Avec la formule de calcul de cette recommandation Cercl'Air, il peut y avoir une surestimation de l'intensité réelle des sources d'odeur lorsque la surface par animal dans une exploitation est beaucoup plus importante que les exigences minimales en matière de surface par animal. Dans de tels cas, il peut être utile de vérifier l'intensité des sources d'odeur au cas par cas.

Le schéma ci-dessous (Figure 1) indique si une distance minimale est nécessaire et selon quelle procédure il faut procéder.

Conformément à l'art. 2, al. 4 OPair, les installations qui sont transformées, agrandies ou remises en état sont considérées comme une nouvelle installation si

- ce changement laisse présager des émissions d'odeurs plus fortes ou différentes ; ou
- l'on consent des dépenses supérieures à la moitié de ce qu'aurait coûté une nouvelle installation.

Distinction entre la présente recommandation Cercl'Air et la recommandation relative à l'évaluation des odeurs (recommandation sur les odeurs) :

Recommandation Cercl'Air : la présente recommandation sert à calculer les distances minimales à respecter, à titre préventif, entre une installation d'élevage projetée et des zones habitées, conformément à l'annexe 2, ch. 512 de l'OPair. Le calcul s'applique aux nouvelles installations d'élevage et se base sur les surfaces souillées par les animaux (intensité olfactive des émissions). Selon une règle générale, il faut s'attendre à des immissions excessives lorsque les distances minimales réduites définies au chapitre 8 ne sont pas respectées pour les installations d'élevage nouvelles ou existantes. Il convient de se baser sur cette règle générale tant qu'aucune autre conclusion ne ressort de clarifications plus précises réalisées à l'aide de la recommandation relative aux odeurs.

Recommandation relative aux odeurs : la recommandation relative aux odeurs [10] sert de base à l'évaluation des immissions olfactives existantes ou prévues provenant de l'industrie, de l'artisanat et de l'agriculture. Le critère d'évaluation central est la part des heures olfactives, c'est-à-dire la fréquence à laquelle les odeurs sont perçues pendant une période donnée. Elle définit en outre à partir de quelle la part des heures olfactives les odeurs sont considérées comme des immissions excessives.

Si ces deux instruments poursuivent le même objectif de protection contre les immissions, ils ont toutefois des fonctions et des domaines d'application différents.

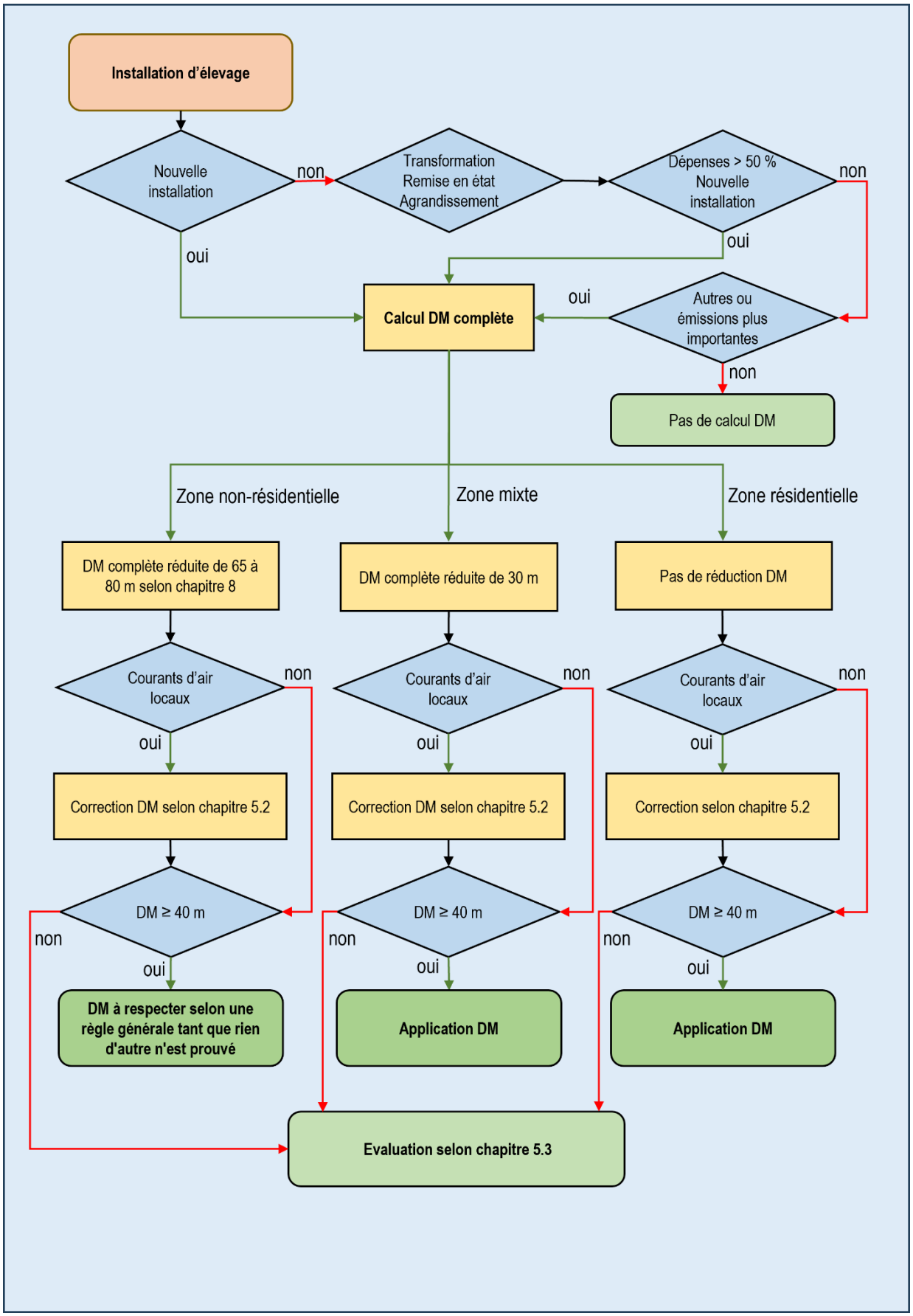

Figure 1 : Schéma de déroulement pour la détermination de la distance minimale.

Définitions

Mot-clé	Explication
Décroissance	Baisse de l'intensité de l'odeur par dilution avec l'augmentation de la distance à la source d''odeur.
Degrés de sensibilité (DS)	Les degrés de sensibilité (DS) prévus par l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB ; RS 814.41) définissent la sensibilité au bruit des zones en fonction de leur affectation et de leur exposition au bruit, les degrés supérieurs autorisant des niveaux de bruit plus élevés.
Émission d'odeurs	Dégagement d'odeurs des installations.
Immission d'odeurs	Les substances odorantes à l'endroit où elles agissent. Elles peuvent être décrites par la fréquence, la durée, la qualité, l'intensité et le caractère hédonique.
Intensité de l'odeur	Intensité de la perception des odeurs, allant d'« aucune odeur » à « odeur extrêmement forte ».
Ligne de mesure	Les limites extérieures des parties pertinentes de l'installation et des sources individuelles à partir desquelles la mesure de la distance est indiquée.
Ligne de séparation	Résulte de la distance minimale par rapport à la ligne de mesure. A l'intérieur des lignes de séparation, on se trouve dans la zone d'influence de l'odeur de l'installation d'élevage.
Puissance olfactive de la source	Mesure indirecte de l'émission d'odeurs dans le présent rapport, déduite des facteurs spécifiques à la surface, à l'espèce animale et au système de détention.
Somme des surfaces pondérées	Correspond à la somme des surfaces souillées multipliée par les facteurs spécifiques à l'espèce animale et au système de détention du Tableau 8.
Unité d'odeur (uo)	Unité de mesure permettant de quantifier les odeurs. Elle est standardisée dans la norme EN 13725.
Valeur seuil de l'intensité de l'odeur	Sert de mesure pour déterminer l'immission d'odeur tolérable en fonction de l'utilisation concernée. L'intensité des odeurs diminue selon la courbe de décroissance plus la distance par rapport à la source augmente.
Ventilation forcée	Dans les étables à ventilation forcée l'échange entre l'air intérieur et extérieur se fait à l'aide de ventilateurs ; un système de ventilation forcée peut être un système à pression équilibrée, à dépression et à surpression.
Zone de proximité	Correspond à la zone environnant la source (les sources) et les bâtiments proches, ainsi qu'aux obstacles qui influencent la propagation des odeurs. Dans la zone de proximité, les courants et donc la propagation des odeurs sont essentiellement influencés par les courants qui contournent et traversent les bâtiments.

Zones habitées	Sont considérées comme zones habitées les zones à bâtir au sens de l'article 15 de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT, RS 700) qui servent en premier lieu à des fins d'habitation. Cela comprend notamment les zones résidentielles, les zones centrales et les zones mixtes, mais pas les zones artisanales, industrielles et agricoles.
Zone, région d'impact	Zone dans laquelle il faut s'attendre à des immissions dues à des sources d'odeurs.

1 Bases légales

Les bases légales figurent au chapitre 2 « Agroscope Science » n° 59.

2 Différences par rapport à Agroscope Science n° 59

Toutes les divergences de cette recommandation Cercl'Air par rapport au calcul de la distance minimale selon l'AS59 sont récapitulées ci-dessous. Elles sont justifiées dans l'annexe A4. Ne sont pas mentionnées les modifications purement rédactionnelles ou les concrétisations par rapport au texte de l'AS59.

Modification	Renvois au chapitre / tableau	
	Recommandation CA	AS59
Formule de calcul de la distance minimale	3	4.1 et 4.2
Contribution indépendante de la surface installations de méthanisation	3.3	4.1 et tableau A6
Valeur limite des installations d'épuration de l'air vicié	3.4.1	4.4.1
Prise en compte de la surélévation du panache de rejet de l'air vicié	3.4.2	4.4.2
Utilisation saisonnière des surfaces émettrices, en particulier les mangeoires pour fourrages fermentés	3.4.3	4.1 et 4.4
Distance pour le calcul séparé des parties d'installations et détermination de la puissance olfactive résiduelle pour des parties d'installation distinctes	4	5.2
Ligne de mesure pour les sources individuelles	6	5.1
Nouveaux éléments d'installation	A1	Tableaux dans A1 - A5
Facteurs spécifiques à l'espèce animale et au système de détention	A2	Tableau A6

3 Calcul de la distance minimale

L'odeur diminue avec l'augmentation de la distance par rapport à la source d'odeur. La distance minimale correspond à la distance à laquelle l'intensité moyenne des odeurs s'est réduite à un niveau de prévention pour les zones résidentielles, appelé valeur seuil.

Les différentes étapes du calcul de la distance minimale sont présentées ci-dessous.

3.1 Détermination des surfaces dégageant des odeurs

La première étape consiste à déterminer les surfaces dégageant des odeurs. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'un plan d'ensemble de l'installation d'élevage avec une description et une indication des dimensions des aires fonctionnelles (étables, entrepôt et préparation du fourrage, entrepôt d'engrais de ferme et autres installations). Les aires fonctionnelles et les surfaces concernées par les odeurs à prendre en compte pour l'élevage de bovins, de porcs, de volailles et de chevaux ainsi que pour les installations de méthanisation sont énumérées à l'annexe A1.

3.2 Détermination de la puissance olfactive

Chaque surface affectée par les odeurs est multipliée par un facteur spécifique à l'espèce animale et au système de détention, conformément à l'annexe A2. De plus, les émissions sont multipliées par le degré d'efficacité imputable à des éventuelles mesures de réduction des odeurs. Si l'exploitation comprend également une installation de méthanisation, on y ajoute en outre une contribution indépendante à la surface.

En additionnant toutes les surfaces individuelles $S_{Ind_{(i)}}$, on obtient la puissance olfactive de la source PS par la formule suivante :

$$PS = 0{,}029 \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} S_{Ind_i} f_i \cdot \left(1 - \eta'_i\right) + f_{Biog}\right]^{0{,}67}$$

S_{Ind_i} Surface de la source individuelle i en m²

f_i facteur spécifique à l'espèce animale et au système de détention par rapport à la surface S_{Ind_i} selon l'annexe A2

η'_i Efficacité imputable à la réduction des odeurs par rapport à la surface S_{Ind_i}

f_{Biog} Contribution indépendante de la surface des installations de biogaz
Valeur pour les exploitations avec installation de biogaz, voir chapitre 3.3
0 pour les exploitations sans installation de biogaz

3.3 Installations de méthanisation agricole

Si l'installation d'élevage est combinée à une installation de méthanisation, l'exploitation peut être à l'origine d'émissions d'odeurs plus importantes. Ces émissions proviennent de surfaces supplémentaires génératrices d'odeurs, telles que les entrepôts de substrats ou de produits de fermentation, qui sont prises en compte dans le cadre du calcul de la distance minimale en fonction de la surface (voir annexe A1). Des enquêtes menées dans les environs d'installations de biogaz ont toutefois montré que ces contributions liées à la surface ne permettent pas de saisir complètement les émissions totales de l'installation. Des émissions supplémentaires résultent notamment de l'augmentation du transbordement de matériaux odorants sur l'exploitation ainsi que des pertes de biogaz.[2] C'est pourquoi, lors du calcul de la distance minimale, une contribution indépendante de la surface pour l'installation de méthanisation est ajoutée à la somme des surfaces pondérées.

Pour déterminer la contribution indépendante de la surface f_{Biog}, il est recommandé de procéder comme suit :

Dans le cas normal $f_{Biog} = 1'200$ s'applique, c'est-à-dire que la distance minimale est de 200 m au minimum.[3] Cette valeur peut être réduite comme suit, si des mesures spécifiques de réduction des émissions sont respectées :

- $f_{Biog} = 150$ si l'installation remplit les conditions de l'aide à l'exécution « Installations de biogaz dans l'agriculture » [4] et de la recommandation Cercl'Air n° 31q « Installations de méthanisation » [5] en matière de réduction des émissions. La distance minimale pour ces installations est de 100 m au moins.[4]
- $f_{Biog} = 75$ si l'installation remplit les conditions de l'aide à l'exécution « Installations de biogaz dans l'agriculture » [4] et de la recommandation Cercl'Air n° 31q « Installations de

[2] Voir à ce sujet « Geruchsimmissionen und relevante Einflussgrössen bei Tierhaltung mit Biogasanlagen » [3].
[3] Distance minimale = -72,1× ln (0,2/Q) avec Q= 0,029× $1'200^{0,67}$= 3,353→ Distance minimale= 203,27 m. Voir 3.5.
[4] Distance minimale = -72,1× ln (0,2/Q) avec Q= 0,029× $150^{0,67}$= 0,833→ Distance minimale= 102,87 m. Voir 3.5.

méthanisation » [5] en matière de réduction des émissions, et si, en plus, toutes les conditions suivantes sont remplies de manière cumulative :

- Il s'agit d'une installation de type A selon le tableau 1 de l'aide à l'exécution « Installations de biogaz dans l'agriculture » (substrats purement agricoles) ou d'une installation de type B, dans laquelle, outre les engrais de ferme et d'autres matières d'origine agricole, seules des matières d'origine non agricole de la classe d'odeur 1, conformément à l'annexe 1 de l'aide à l'exécution **«** Installations de biogaz dans l'agriculture **»**, sont utilisées.
- L'installation est considérée comme une « petite installation » selon la classification du chapitre 2 de la recommandation Cercl'Air n° 31q.
- Les mesures suivantes conformément à l'annexe de la recommandation Cercl'Air n° 31q sont respectées en plus des mesures standard requises :
  - Contrôle de l'étanchéité par un spécialiste externe au moins tous les 3 ans.
  - Il existe une torche à gaz installée de manière fixe ou un deuxième consommateur redondant.

La distance minimale pour ces installations est d'au moins 70 mètres.[5]

3.4 Mesures de réduction des odeurs

Si une mesure de réduction des odeurs est prévue pour une partie de l'installation ou une source individuelle déterminée, celle-ci doit être prise en compte dans le calcul de la puissance olfactive de la source.

La prise en compte ne se fait toutefois qu'avec un facteur diminué de 10 %. Le degré d'efficacité mesuré (η) est donc pris en compte avec un facteur diminué de 10 % : η – 0,1 et correspond à la diminution de l'efficacité η'. Mathématiquement : η' = η – 0,1.

Pour calculer l'impact olfactif résiduel, on utilise le facteur 1 - (- 0,1) (équivalent à 1 - η').

η	Degré d'efficacité de la mesure de réduction des odeurs
η'	η' = η – 0,1; sans mesure de réduction des odeurs, il faut fixer η' = 0

Exemple : une mesure de réduction des odeurs avec un degré d'efficacité de 80 % (η = 0,8) donne droit à l'utilisation d'une diminution de l'efficacité η' = 0,7. L'impact olfactif résiduel est calculée avec le facteur 0,3 (puisque 1 - 0,7 = 0,3).

Des indications sur les mesures de réduction possibles figurent dans les chapitres 3.4.1 à 3.4.4 ainsi que dans l'aide à l'exécution « Constructions rurales et protection de l'environnement » [6]. Un facteur de réduction ne peut être appliqué qu'avec des preuves scientifiques correspondantes. Il convient de noter que les facteurs de réduction des émissions d'ammoniac ne peuvent pas être appliqués aux odeurs. La publication « Émissions provenant de l'élevage » de la HBLFA Raumberg-Gumpenstein et du Land de Styrie [7] fournit des informations sur les facteurs de réduction des mesures courantes.

Dans les chapitres 3.4.1 à 3.4.4, fournissent des valeurs directes pour η'.

3.4.1 Epuration de l'air vicié

Les installations d'épuration de l'air vicié ne réduisent pas en soi les émissions d'odeurs. Pour pouvoir appliquer le facteur de réduction pour l'épuration de l'air vicié, certaines exigences doivent être respectées [8]. Les installations d'épuration de l'air vicié ne peuvent en principe être prises en compte dans la détermination des distances minimales que pour les parties d'installations à ventilation forcée, lorsque les exigences minimales suivantes sont satisfaites par rapport aux odeurs :

[5] Distance minimale= -72,1× ln (0,2/Q) avec Q= 0,029× $75^{0,67}$= 0,523→ Distance minimale= 69,31 m. Voir 3.5.

- max. 500 uo/m^3 dans le gaz pur de l'air évacué capté.
- Si un traitement des effluents gazeux est effectué à l'aide de filtres biologiques, de laveurs biologiques ou de procédés biologiques comparables, l'odeur des gaz bruts ne doit pas être perceptible dans le gaz brut.

Pour réduire efficacement les odeurs, le dimensionnement et la conception des installations de ventilation et d'épuration de l'air vicié doivent correspondre aux normes en vigueur. En matière d'aération d'étable, il s'agit de respecter les valeurs de climat d'étable requises et spécifiques aux différentes espèces animales. La coordination des installations de ventilation et d'épuration de l'air vicié ainsi que le contrôle et l'entretien des dispositifs exercent une grande influence sur leur fonctionnement et sur le débit de séparation continu exigé.

Il convient d'installer des installations d'épuration de l'air vicié qui ont été testées avec succès dans des installations d'élevage agricole comparables en Suisse ou à l'étranger ou qui sont en mesure de satisfaire aux exigences en matière de performance d'épuration requises, conformément à l'état actuel des connaissances scientifiques.

Il convient également de noter que la réduction des odeurs ne s'applique qu'aux parties de l'installation dont les émissions sont entièrement acheminées vers le système de traitement des effluents gazeux. Pour les parties de l'installation qui remplissent ces exigences, un facteur de réduction fixe $\eta' = 0{,}7$ peut être utilisé.

Il a été constaté que même les installations d'épuration de l'air vicié correctement exploitées peuvent présenter une odeur propre (Arends et al. 2006). Pour des installations d'élevage équipées de systèmes d'épuration de l'air vicié il est recommandé de respecter une distance d'au moins 50 m.

3.4.2 Surélévation du panache de rejet de l'air vicié

La hauteur des cheminées d'évacuation d'air est en principe calculée conformément aux recommandations relatives aux cheminées [9].

Pour qu'une réduction des odeurs de 30 % ($\eta' = 0{,}2$) puisse être appliquée dans un bâtiment fermé équipé d'une ventilation par dépression, l'orifice de la cheminée doit dépasser

1. la partie la plus élevée du bâtiment de 1 m au moins (p. ex. le faîte du toit),
2. la hauteur H[6] du bâtiment de 0,2 fois la largeur de celui-ci, mais de 5 m au maximum,
3. le niveau d'immission dans le rayon de la zone affectée par l'installation de 50 m d'au moins 5 m.

Pour la hauteur minimale de l'orifice de la cheminée, la prescription déterminante est celle qui donne la plus grande hauteur au-dessus du toit.

Si une réduction pour une épuration de l'air vicié avec $\eta' = 0{,}7$ a déjà été accordée pour le bâtiment avec cheminée, il n'est pas possible d'appliquer une réduction supplémentaire pour la hauteur de la cheminée.

3.4.3 Utilisation saisonnière (alpage, pâturage, alimentation, etc.)

En cas d'utilisation saisonnière d'installations émettrices, celles-ci ne doivent être prises en compte qu'au prorata du temps pendant lequel les émissions ont lieu. Cela vaut en particulier pour la distribution d'aliments fermentés. Si les aliments fermentés ne sont distribués que pendant neuf mois par an, un facteur de réduction de $\eta' = 0{,}25$ peut être appliqué à la distribution d'aliments. Si l'alimentation avec des aliments fermentés ne dure que six mois, le facteur de réduction est alors

[6] Hauteur du bâtiment selon la figure 1 des recommandations sur les cheminées.

η' = 0,5. Une déduction n'est possible que si les émissions cessent pendant au moins un mois sans interruption.

Dans le cas d'un alpage ou pâturage, il ne faut s'attendre à une réduction significative des odeurs que si les étables restent complètement vides et propres sur de longues périodes. Cela peut être le cas des pâtures intégrales avec des catégories de bovins sans traite, de chevaux et de petits ruminants. C'est aussi le cas de l'alpage. Si un tas de fumier n'est pas alimenté à nouveau pendant une période prolongée durant l'estivage en alpage ou le pâturage intégral, une déduction peut également être accordée. En cas de durée minimale d'estivage ou de durée minimale de pâturage intégral de 90 jours, une réduction d'un facteur η' = 0,5 peut être appliquée. Si la durée est plus courte, le facteur est réduit en conséquence (par exemple, pour une période d'estivage de 60 jours, le facteur de réduction est η' = 0,33). En revanche, en cas d'absence de plus longue durée, le facteur ne peut pas être augmenté davantage.

Les espaces à climat extérieur (ACE, appelés également jardins d'hiver) dans les poulaillers d'engraissement ne sont utilisés qu'à partir du 20e jour d'âge des poulets. Si ces espaces sont nettoyés pendant la période où ils ne sont pas utilisés, un facteur de réduction η' = 0,5 peut être appliqué de manière générale à leur surface.

Dans les poulaillers destinés à l'élevage de poulettes, la totalité de la durée garantie de vide sanitaire peut être déduite, à condition qu'une période de vide sanitaire d'au moins 30 jours soit respectée en moyenne entre deux occupations. Cela signifie notamment que, pour deux occupations par an et une durée d'élevage de 18 semaines chacune, un facteur de réduction de η' = 0,3 peut être appliqué. L'occupation partielle du poulailler pendant la période d'élevage est déjà prise en compte dans le facteur applicable aux poulettes. Aucune réduction supplémentaire ne peut donc être accordée à ce titre.

3.4.4 Surfaces de stockage abritées pour substrats solides et engrais de ferme solides

Un facteur de réduction peut être appliqué aux surfaces de stockage de substrats (engrais de ferme, substrats et digestats d'une installation de méthanisation) si celles-ci sont complètement fermées. Le facteur de réduction recommandé est η' = 0,6. Ce facteur ne peut être appliqué que pour les entrepôts qui remplissent les conditions cumulatives suivantes :

- Entrepôt entièrement fermés (portes fermées sauf pour le déchargement et le chargement).
- Aucune manipulation du matériel dans l'entrepôt (pas de transbordement, pas de préparation) sauf lors du déchargement et du chargement.
- Pas de ventilation active de l'entrepôt.

3.5 Formule de calcul de la distance minimale

La distance minimale DM en mètres est calculée à partir de la puissance olfactive de la source PS au moyen de la formule suivante (pour la justification et la procédure, voir A4-1 et A4-2) :

$$DM = -72{,}1 \cdot \ln \frac{0{,}2}{PS}$$

La formule de calcul est applicable pour les puissances olfactives comprises entre $PS = 0{,}35$ et $PS = 6{,}4$. Cela correspond à des distances minimales comprises entre 40 et 250 mètres.

La formule de calcul est basée sur une courbe exponentielle de décroissance de l'intensité de l'odeur avec une demi-distance de 50 m (voir A4-2). La distance minimale correspond à la distance depuis la source à partir de laquelle l'intensité de l'odeur à la source (identique à la puissance olfactive PS) a diminué pour atteindre la valeur seuil de 0,2. Cette distance minimale doit être respectée par rapport à la zone résidentielle.

4 Constellation en cas de sources multiples

Les immissions d'odeurs de plusieurs sources/parties d'installation séparées dans l'espace et appartenant à la même installation peuvent se superposer et doivent donc être prises en compte de manière cumulative lors de l'évaluation de la situation d'immission. Il faut s'attendre à des effets notables sur la distance, notamment lorsque les sources d'odeurs sont proches les unes des autres et lorsque des sources d'odeurs faibles se trouvent dans la zone d'influence de sources d'odeurs fortes. Dans de tels cas, une correction de la distance minimale est effectuée selon le principe suivant :

Si la distance entre les lignes de mesure des différentes parties d'installation est supérieure à 30 m, une distance minimale distincte est calculée pour chacune d'elles. Les sources d'une puissance olfactive jusqu'à 0,3 ne sont pas prises en compte. Cela signifie que les étables dont la distance minimale propre est inférieure à 30 m ne doivent pas être prises en compte dans l'évaluation des influences réciproques.

En présence de plusieurs sources (p. ex. PS_1 à PS_N), il faut d'abord déterminer séparément les distances minimales DM_1 à DM_N de chaque source d'odeur. L'influence mutuelle est calculée séparément pour chaque source. Pour ce faire, on additionne, à l'endroit de la source d'odeur à considérer, les puissances olfactives résiduelles des parties d'installation séparées qui existent encore selon la courbe de décroissance.

Pour une source donnée PS_I, on calcule à cet effet une puissance olfactive de source corrigée des puissances olfactives résiduelles PS'_{I} comme suit[7] :

$$PS'_{\mathrm{I}} = PS_{\mathrm{I}} + \sum_{n \neq I}^{N} PS_n \cdot e^{-\frac{D_n}{72{,}1}}$$

PS_n	Puissances olfactives des sources non influencées par les autres sources
D_n	Distance entre les centres géométriques des sources PS_I et PS_n en mètres

La distance minimale se calcule alors à partir de la puissance olfactive corrigée de la source PS'_{I}.

L'influence réciproque de deux sources PS_1 et PS_2 doit être prise en compte jusqu'à la somme des distances minimales non influencées $DM_1 + DM_2$.

La procédure est représentée schématiquement à la Figure 2. Il s'agit d'une exploitation avec deux parties d'installation : l'une comprend une porcherie avec un parcours extérieur (contours rouges), l'autre une étable pour bovins avec un parcours et une fumière (contours bleus). Pour que les deux parties de l'installation puissent être séparées, la distance minimale entre elles (flèche verte) doit être d'au moins 30 mètres. Les silos d'ensilage près de la porcherie sont des sources individuelles faibles et ne sont pas pris en compte pour la détermination de cette distance minimale. La distance est alors de 67 m.

Les deux étables comprennent les sources d'odeurs suivantes :

- Porcherie : étable avec sortie centrale, à ventilation naturelle. 745 m² de surface concernée par les odeurs. Le facteur spécifique est de 1,2 pour l'ensemble de la surface, la somme pondérée des surfaces est donc de 894 m². Il en résulte une puissance olfactive $PS_{porcs} = 2{,}75$. La distance minimale non influencée de cette partie de l'étable est donc de 189 m.

[7] Dans cette formule, les puissances olfactives sont additionnées aux intensités de sources (résiduelles) (voir à ce sujet l'annexe A4-1).

Les silos d'ensilage, en tant que sources individuelles faibles, ne sont pas pris en compte dans le calcul.

- Étable pour bovins : la surface déterminante de l'étable et de l'aire d'exercice est de 390 m^2, la somme des surfaces pondérées est donc de 31.2 m^2 (facteur spécifique de 0,08 pour l'étable avec aire d'exercice). A cela s'ajoute le tas de fumier avec une surface de 56 m^2, dont le facteur spécifique est de 0,2. Au total, on obtient donc une somme pondérée des surfaces de 42,4 m^2 et donc une puissance olfactive $PS_{bovins} = 0{,}36$. Il en résulte donc une distance minimale non influencée de 42 m.

La distance minimale doit être calculée à partir de l'étable à bovins (en bleu). Une séparation est donc autorisée (distance de 67 m, donc supérieure à 30 m) et l'influence doit être prise en compte (distance minimale inférieure à la somme des distances minimales non influencées de 189 m + 42 m = 231 m).

Pour le calcul de la puissance olfactive de la source résiduelle, la courbe de décroissance des autres parties de l'installation (ici en rouge) est calculée en considérant la distance entre les centres éométriques des deux parties de l'installation[8]concernées par les odeurs (flèche orange). Dans l'exemple, cette distance est de 97 m. La puissance olfactive résiduelle est donc de

$$PS_{porcs} \cdot \ e^{-\frac{D_{porcs}}{72{,}1}} = 2{,}75 \cdot e^{-\frac{97}{72{,}1}} = 0{,}72$$

La puissance olfactive corrigée de la partie **bleue** de l'installation (étable pour bovins) est donc de 0,36 + 0,72 = 1,08 et la distance minimale tenant compte des influences réciproques est de 121 m à partir de la partie bleue de l'installation.

Si la distance minimale doit être mesuée à partir de la partie **rouge** de l'installation (porcherie), la puissance olfactive résiduelle pour les bovins est de

$$PS_{bovins} \cdot \ e^{-\frac{D_{bovins}}{72{,}1}} = 0{,}36 \cdot e^{-\frac{97}{72{,}1}} = 0{,}09$$

La puissance olfactive corrigée de la partie **rouge** de l'installation (porcherie) est donc de 2,75 + 0,09 = 2,84 et la distance minimale tenant compte des influences réciproques est de 191 m à partir de la partie rouge de l'installation.

[8] Si les sources sont géoréférencées dans un logiciel SIG comme QGIS ou ArcGIS, comme le montre l'illustration, le centre géométriques des surfaces concernées par les odeurs peut être facilement déterminé. Pour ce faire, le programme SIG attribue à chaque surface son unité de surface pondérée (surface odorante multipliée par le facteur spécifique) en tant qu'attribut, puis calcule le centre géométrique des surfaces de tous les éléments d'une installation.

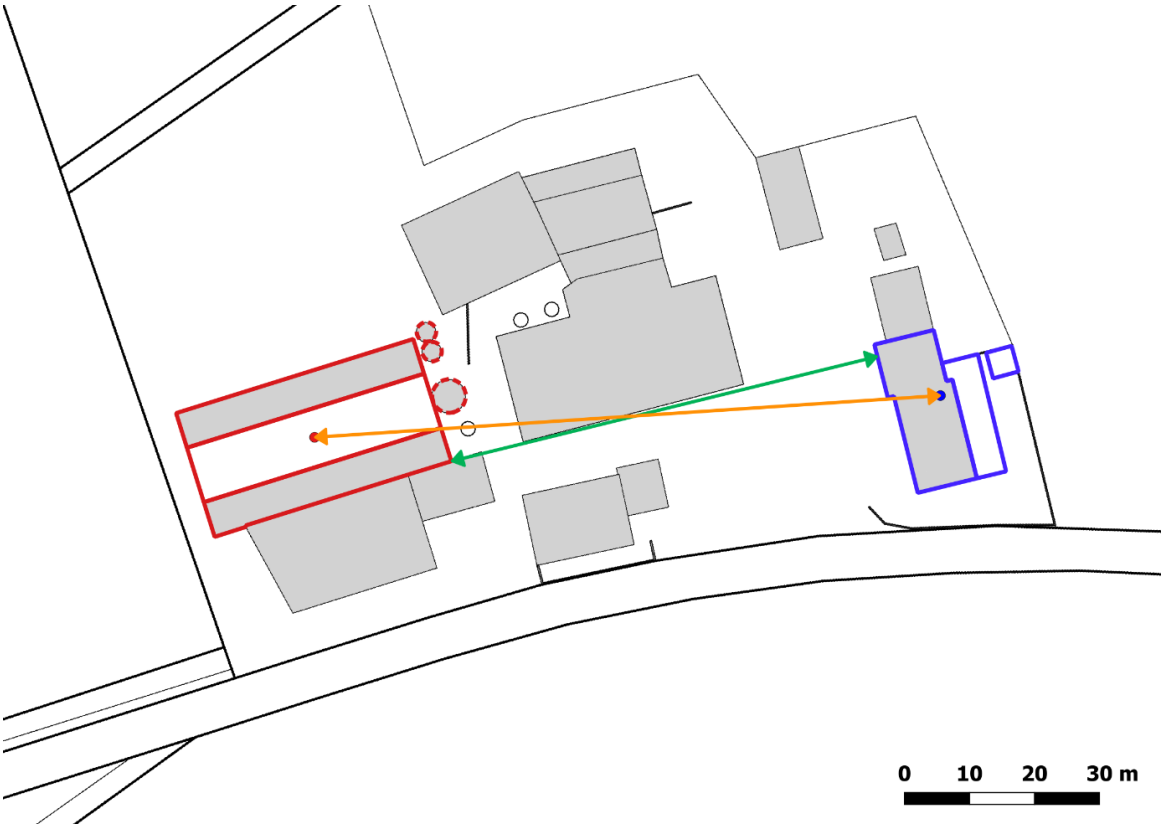

Figure 2 : Exemple de calcul avec des parties d'installation séparées. En rouge, porcherie, en bleu, étable à bovins. En pointillés rouges, les sources individuelles faibles (silos d'ensilage) pour la porcherie. Flèche verte : distance minimale de 67 m entre les parties de l'installation, flèche orange : distance de 97 m entre les centres géométriques.

5 Adaptation de la distance minimale

5.1 Zones d'affectation

La distance minimale complète doit être respectée par rapport à une zone résidentielle. Dans les zones à usage mixte, qui autorisent en plus de l'habitation des activités modérément gênantes, un niveau plus élevé d'immissions d'odeurs est considéré comme acceptable. La distance minimale calculée selon le chapitre 3 peut donc être ajustée en augmentant la valeur seuil de 0,2 à 0,3 (cf. chapitre 3.5) Comme la valeur seuil dépend de manière logarithmique de l'intensité de la source, une adaptation de cette dernière n'entraîne pas une réduction en pourcentage de la distance minimale (comme c'est le cas pour la réglementation FAT n° 476), mais une réduction d'une distance fixe. En partant d'une demi-distance de 50 m, il s'ensuit que la distance minimale peut être réduite de 30 m dans une zone à usage mixte. La déduction spécifique à la zone est effectuée avant la prise en compte des courants d'air locaux (voir chapitre 5.2).

En dehors des zones habitées, les distances minimales ne s'appliquent pas, mais elles peuvent être utilisées comme aide pour évaluer si des immissions d'odeurs excessives sont à prévoir. À cet égard, il convient de se reporter au chapitre 8.

Tableau 1 : Récapitulatif des distances de prévention requises (chapitre 5.1) dans les différentes zones d'affectation.

Zone résidentielle	Zone à usage mixte	Zone non-résidentielle
Distance minimale complète	Distance minimale complète moins 30 mètres	Pas de valeur de prévention

En cas de déclassement ou de reclassement au sens de l'art. 15, al. 4bis de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT ; RS 700), pour lesquelles les dispositions relatives aux odeurs continuent de correspondre à l'affectation initiale, la distance minimale calculée peut être réduite de 30 m en cas de maintien, de rénovation ou d'adaptations visant à améliorer le bien-être animal, pour autant que l'affectation initiale concernait une zone autorisant l'habitation et les entreprises modérément gênantes (zone centrale et zone mixte). Si, dans son affectation initiale, la zone correspondait à une zone non-résidentielle (zone artisanale, industrielle ou agricole), une réduction de 65 à 80 mètres de la distance peut être appliquée à titre subsidiaire. Le chapitre 8 doit également être pris en compte à cet égard.

5.2 Courants d'air

Le calcul de la distance minimale selon la formule du chapitre 3.5 se base uniquement sur les intensités prévisibles des nuisances olfactives dans des conditions de vent moyennes. La formule ne tient pas compte des circonstances particulières qui peuvent conduire à des intensités plus élevées, ni de la fréquence des immissions d'odeurs. Des informations fiables sur la fréquence des directions de vent doivent en principe être prises en compte dans l'évaluation de la distance minimale, celle-ci pouvant être augmentée ou diminuée selon la situation.[9] Le Tribunal fédéral précise toutefois à ce sujet que cela ne peut se faire que sur la base de données vérifiées concernant les conditions de vent. En ce qui concerne l'air froid, on peut s'appuyer sur un modèle d'air froid. Si l'on part du principe que d'autres influences du vent jouent un rôle décisif et doivent être prises en compte dans le calcul de la distance minimale, il convient de faire appel à un spécialiste pour l'évaluation en question.

Si les zones d'influence se situent dans le sens d'écoulement de l'air froid nocturne, une augmentation de la distance minimale est indiquée.[10] Dans les courants d'air froid, les odeurs se diluent mal, la demi-distance de 50 m, qui sert de base à la formule du chapitre 3.5, est alors trop petite.

Les sols se refroidissent particulièrement vite les nuits où le vent est faible et le ciel couvert. Cela entraîne la formation de couches d'air froid au-dessus du sol, dans lesquelles l'air est moins dilué et les odeurs sont davantage perçues. Si l'air froid s'écoule en raison de l'inclinaison du terrain (écoulement d'air froid), les odeurs peuvent également être transportées sur de plus grandes distances. De plus, des lacs d'air froid d'une épaisseur considérable peuvent se former dans les vallées au cours d'une nuit. La formation d'air froid est particulièrement fréquente dans les zones peu ventées ou abritées. Afin de clarifier les éventuels effets de canalisation des flux dans les vallées, la topographie environnante est examinée. Alors que sur les pentes, les masses d'air se déplacent rapidement en direction de la vallée et que l'air froid n'est donc que peu épais, des couches d'air froid relativement épaisses de plus de 100 m peuvent se former dans les zones de collecte d'air froid. Sur certains sites en pente, une évacuation de l'air vicié en toiture peut donc réduire considérablement les émissions d'odeurs si les substances odorantes sont émises au-dessus de la couche d'air froid.

Des courants d'air froid plus importants dans les vallées peuvent également surmonter des obstacles topographiques locaux, de sorte que, dans certaines circonstances, l'air froid s'écoule vers le haut des

[9] Arrêt du Tribunal fédéral 1A.58/2001 du 12 novembre 2001 et Hans Maurer, Lufthygienerechtliche Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen - Stellungnahme zu ausgewählten Rechtsfragen, DEP 2003 p. 297 et suiv.
[10] Arrêt du Tribunal fédéral 1C.260/2016 du 6 juin 2017.

pentes. Il est donc recommandé d'estimer la formation possible d'air froid et sa direction d'écoulement à l'aide d'un modèle approprié pour différents moments après le coucher du soleil.[11]

Une procédure possible pour tenir compte de l'air froid peut être décrite comme suit :

- La source d'odeur se trouve dans la zone d'influence d'un écoulement d'air froid, émet dans le courant d'air froid et la zone potentiellement concernée se trouve **temporairement** dans le sens du courant d'air froid.
  Multiplication de la distance minimale calculée par un facteur de 1,3.
- La source d'odeur se trouve dans la zone d'influence d'un écoulement d'air froid, émet dans le courant d'air froid et la zone potentiellement affectée se trouve dans le sens de l'écoulement de l'air froid.
  Multiplication de la distance minimale calculée par un facteur de 1,6.
- La zone d'influence est caractérisée par des courants de vent liés à une surface d'eau plus importante (systèmes de vent terre-lac).
  Multiplication de la distance minimale calculée par un facteur de 1,9.

La distance minimale augmentée ne doit être appliquée que pour les zones qui se trouvent dans le sens de l'écoulement de l'air froid.

5.3 Distance minimale inférieure à 40 mètres et sources individuelles distantes, de faible puissance

Les bases de données utilisées pour l'AS59 ne couvrent pas les distances inférieures à 40 mètres.

Si la distance minimale requise selon la formule de calcul de cette recommandation Cercl'Air (toutes corrections comprises) se situe toutefois entre 20 m et 40 m, la distance réelle ne doit certes pas être inférieure à la distance calculée mais cette dernière ne doit pas non plus être reprise telle quelle. Au contraire, il convient notamment de vérifier dans quelle mesure des mesures préventives supplémentaires spécifiques à la situation permettent de limiter la formation et la propagation des odeurs (voir annexe 0).

Si la distance minimale calculée est inférieure à 20 m, il convient en règle générale de respecter malgré tout une distance minimale de 20 m.

Pour les sources isolées de faible puissance (puissance olfactive de la source jusqu'à 0,05)[12], une distance minimale fixe de 20 m peut être appliquée. Il peut s'agir par exemple d'un dépôt de lisier couvert, d'un silo en hauteur contenant du fourrage d'ensilage ou d'un stockage de gaz d'une installation de biogaz.

Si la ligne de séparation d'une source isolée de faible puissance se trouve à l'intérieur de la ligne de séparation de l'installation d'élevage correspondante, c'est cette dernière qui est déterminante. Si la ligne de séparation de la source individuelle dépasse celle de l'installation d'élevage correspondante, elle doit être prise en compte (voir figure 5 de l'AS59).

[11] Un modèle possible est KLAM_21 du service météorologique allemand DWD, qui est disponible sous licence. Les cartes d'air froid issues des cartes d'analyse climatique ne sont pas forcément adaptées, car elles ne modélisent généralement pas une situation représentative pour toute l'année, mais seulement une journée de forte chaleur.

[12] La puissance olfactive de 0,03 pour une faible source individuelle (distance minimale fixe de 20 m) mentionnée au chapitre 5.1 de l'AS59 et augmentée ici à 0,05, ceci est dû à la correction de la formule (voir annexe A4-2).

6 Mesure des distances

La distance minimale est mesurée à partir du point le plus proche où l'odeur se dégage des parties de l'installation et des sources individuelles qui, selon la liste de l'annexe A1, ont été définies comme significatives en termes d'odeurs, ou qui se forment à l'air libre.

Pour ce faire, une ligne de mesure est tracée sur les limites extérieures des parties d'installation et des sources individuelles concernées. La distance minimale est reportée à partir de cette ligne de mesure.

Pour les bâtiments (bâtiments d'élevage, entrepôts fermés contenant des substances odorantes, etc.), les lignes et points de mesure suivants s'appliquent :

- Bâtiments fermés avec ventilation par dépression, pour les étables sans aires extérieures : cheminées
- Pour tous les autres bâtiments (y compris les étables à front ouvert, les entrepôts partiellement ouverts) :
  - Cheminées (si présentes)
  - Ouvertures dans les façades telles que fenêtres, portes, portails, accès aux aires extérieures, etc.
    (Les façades fermées et étanches en permanence ou les grandes parties de façade fermées en permanence peuvent être omises comme ligne de mesure).
  - Façade d'une étable ouverte ou d'un entrepôt ouvert

  Des parties de bâtiments séparées et non émettrices situées en bordure de l'installation peuvent être exclues.

Pour les sources d'odeur à l'air libre, comme les aires d'exercice extérieures ou les silos couloirs, la limite extérieure est déterminée par la surface sur laquelle l'odeur peut être émise.

Pour les installations de méthanisation, la soupape de surpression est considérée comme ligne de mesure.

La distance minimale est reportée à partir de la ligne de mesure la plus éloignée, dans toutes les directions. De cette manière, on obtient la ligne de séparation autour de l'installation d'élevage (voir Figure 3 et Figure 4).

Pour les sources individuelles de faible puissance (intensité de la source jusqu'à 0,05, voir chapitre 5.3), une ligne de mesure spécifique est déterminée selon les mêmes principes. La distance entre la source individuelle de faible puissance et la ligne de séparation est de 20 mètres.

Par rapport aux zones habitées, le mode de calcul suivant s'applique :

- Si l'installation d'élevage est située *en dehors* de la zone habitée, la distance minimale requise selon l'annexe 2, chiffre 512 OPair doit être respectée jusqu'à la *limite de la zone.*
- Si l'installation d'élevage se trouve *à l'intérieur* de la zone habitée, la distance minimale requise doit être respectée jusqu'au *bâtiment habité le plus proche* ou jusqu'au *point le plus proche où des bâtiments habités peuvent être construits conformément à la législation en vigueur en matière de construction et d'aménagement du territoire*. Dans le cas de *terrains* déjà *construits*, il convient de se référer aux *bâtiments d'habitation existants* sans tenir compte des réserves d'utilisation.[13]

[13] Arrêt du Tribunal fédéral 1C_260/2016 du 6 juin 2017.

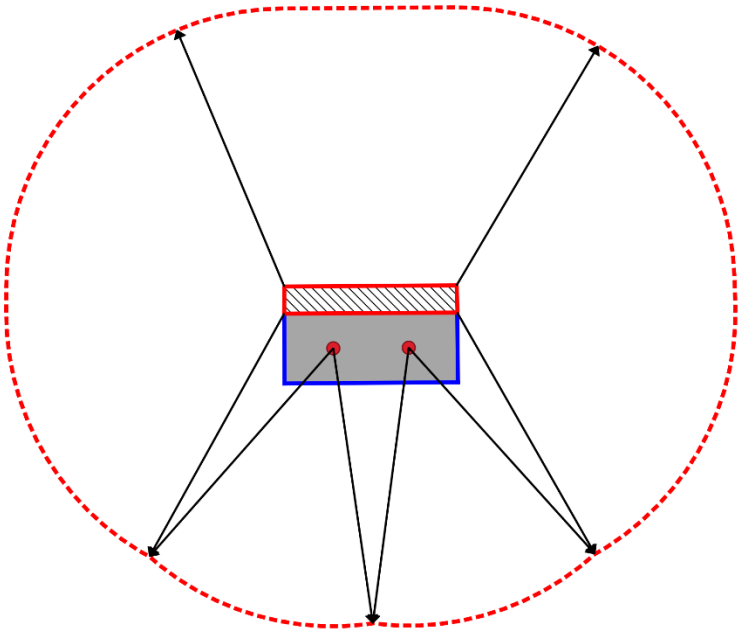

Figure 3 : Calcul des distances à l'aide de l'exemple d'une porcherie (en gris) avec aire d'exercice (hachurée). Trois côtés de la porcherie sont fermés (lignes bleues), la ventilation s'effectue par deux cheminées (points rouges). Les lignes de mesure sont la façade ouverte, le bord de l'aire d'exercice et les cheminées (lignes rouges continues, points rouges). Ligne rouge en pointillés : ligne de séparation.

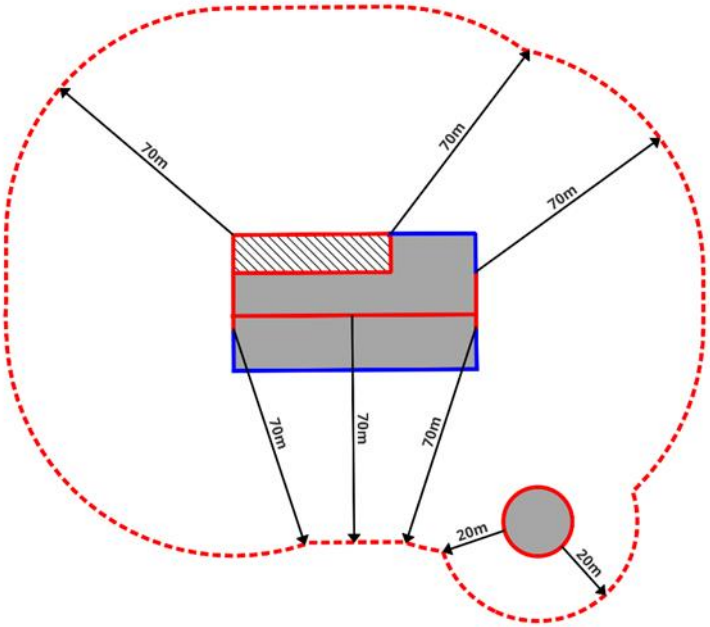

Figure 4 : Calcul des distances à l'exemple d'une étable à bovins avec aire d'exercice (hachurée). Aération de l'étable par l'aire d'exercice, les portes latérales et le faîte vitré. Le stockage couvert du lisier est situé à distance. En bleu : parties de façade fermées en permanence. Les lignes de mesure de la distance minimale de l'étable sont les parties de façade ouvertes, le bord de l'aire d'exercice et le faîte (ligne rouge au milieu de l'étable). Le réservoir à lisier a sa propre ligne de mesure avec une distance de 20 m. Ligne rouge en pointillés : ligne de séparation.

7 Modélisation

Dans des situations particulièrement complexes ou spécifiques, ou lorsque la distance minimale calculée n'est pas tout à fait respectée (jusqu'à env. 10 % de plus), un simple calcul de cette distance peut, dans certains cas, ne pas permettre de déterminer avec certitude la distance minimale à respecter. Cela peut se produire, par exemple, en cas de forte densité de construction (écran, canalisation), de répartition spatiale particulière des sources, de canalisation marquée du vent (cf. section 5.2) ou de topographie prononcée. Dans de tels cas, un calcul de dispersion peut fournir des informations supplémentaires précieuses. La distance minimale calculée peut donc être remplacée par une modélisation fiable si

- le calcul de dispersion a été effectué conformément aux prescriptions de la recommandation sur les odeurs [10],
- le modèle utilisé tient suffisamment compte des particularités de la situation spécifique (voir à ce sujet la section 3.1.2 de la recommandation sur les odeurs) et
- la moitié de la valeur d'évaluation du tableau 3 de la recommandation sur les odeurs (en tenant compte des facteurs de pondération spécifiques à l'espèce animale) n'est pas dépassée.

Dans le calcul de dispersion, les émissions provenant de l'élevage doivent généralement être estimées à partir de valeurs conventionnelles. Le calcul de la distance minimale repose toutefois lui aussi sur des valeurs conventionnelles. C'est pourquoi il n'est pas nécessaire de procéder à une analyse de sensibilité conformément à la section 3.1.3 de la recommandation sur les odeurs.

Si la distance minimale est respectée, y compris en tenant compte des courants d'air froid, une modélisation ne peut pas justifier l'exigence d'une distance minimale plus grande. Des distances plus importantes ne peuvent être exigées qu'en cas de suspicion d'immissions excessives au sens de l'art. 5, al. 1 OPair.

8 Immissions excessives

Les distances minimales entre les installations d'élevage selon l'annexe 2, chiffre 512 de l'OPair concernent en premier lieu la limitation préventive des émissions. Toutefois, les distances peuvent également être utilisées pour répondre à la question de savoir si une installation d'élevage est susceptible de provoquer des immissions excessives.

Par rapport à une zone résidentielle, la valeur seuil est doublée, passant de 0,2 à 0,4. Par rapport aux zones à usage mixte et aux utilisations en dehors des zones résidentielles, des valeurs seuils encore plus élevées doivent être considérées comme excessives, car la recommandation sur les odeurs de la Confédération [10] prévoient également des valeurs d'évaluation plus élevées pour ces zones. Une valeur seuil de 0,6 ne devrait toutefois être dépassée dans aucune zone.

Par rapport à une zone résidentielle, il faut donc s'attendre à titre d'une règle générale à des immissions d'odeurs excessives au sens de l'art. 2, al. 5 OPair si la distance minimale complète réduite de 50 m n'est pas respectée. Par rapport à une zone mixte, la distance minimale est de 65 m.[14]

Dans les zones non habitées, la distance réduite est déterminée en fonction des besoins de protection respectifs, en se référant aux degrés de sensibilité (DS III ou DS IV) de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB ; RS 814.41). Si l'utilisation du bâtiment le plus proche relève du degré de sensibilité DS III, la réduction est de 65 m (par analogie avec la zone à usage mixte) ; pour le degré de sensibilité DS IV, elle est de 80 m.

[14] La déduction de 30 m pour une zone à usage mixte selon le chapitre 5.3 est déjà prise en compte dans ce calcul et ne peut donc pas être cumulée avec la déduction de 65 m.

Si des allégements relevant du droit de la protection de l'environnement peuvent être accordés pour une installation conformément à l'art. 38*a* de l'ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT ; RS 700.1), la réduction peut également être portée à un maximum de 80 m en zone agricole.

Tableau 2: Récapitulatif des distances pour l'évaluation des immissions potentiellement excessives dans différentes zones d'affectation.

Zone résidentielle	Zone à usage mixte	Zone non-résidentielle	
		DS III	**DS IV**
Distance minimale complète moins 50 mètres	Distance minimale complète moins 65 mètres	Distance minimale complète moins 65 mètres. Lorsque la priorité est donnée l'agriculture dans la zone agricole conformément à l'art. 38*a* de l'ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT), une réduction pouvant aller jusqu'à 80 m peut être appliquée.	Distance minimale complète moins 80 mètres

Il convient de se baser sur cette règle générale tant qu'il n'y a pas d'autres éléments à prendre en compte à la suite d'investigations plus précise.[15] La recommandation de la Confédération sur les odeurs donne d'autres indications sur l'évaluation des immissions d'odeurs [10].

Indépendamment de la zone, cette réduction intervient avant la prise en compte des courants d'air locaux (voir chapitre 5.2). Si la distance minimale ainsi réduite est inférieure à 40 m, des immissions excessives ne peuvent en principe pas être exclues. La distance minimale réduite ne doit en principe pas être inférieure à 20 m. Si elle se situe entre 20 m et 40 m, le résultat doit être vérifié de manière critique (voir chapitre 5.3).

[15] Arrêt du Tribunal fédéral 1A.58/2001 du 12 novembre 2001.

9 Références bibliographiques

[1] Bases relatives aux odeurs et à leur propagation, nécessaires pour déterminer les distances à observer par les installations d'élevage ; Agroscope Science, 59, 2018, 1-44.

[2] Distances minimales à observer pour les installations d'élevage d'animaux ; Rapports FAT, 476, Agroscope, 1995.

[3] Geruchsimmissionen und relevante Einflussgrössen bei Tierhaltung mit Biogasanlagen, VDI-Berichte 2363 (2019), pp 123-134.

[4] Installations de méthanisation dans l'agriculture (un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture) ; Office fédéral de l'environnement OFEV, Office fédéral de l'agriculture OFAG, 2021.Installations de méthanisation ; Recommandation Cercl'Air n° 31q, 2022.

[6] Constructions rurales et protection de l'environnement (un module de l'aide à l'exécution protection de l'environnement dans l'agriculture) ; Office fédéral de l'environnement OFEV, Office fédéral de l'agriculture OFAG, édition partiellement révisée, 2023.

[7] Emissionen aus der Tierhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Bericht ABT15-Lu-04-2023, September 2023.

[8] Abluftreinigung bei Tierhaltungsanlagen ; Recommandation Cercl'Air n° 21-D, 2011.Hauteur minimale des cheminées sur toit (Recommandations sur les cheminées) ; Office fédéral de l'environnement OFEV, 2018.

[10] Recommandation relative à l'évaluation des odeurs (Recommandation sur les odeurs) ; Office fédéral de l'environnement OFEV, 2026.

Annexes

A1 Éléments de l'installation dans l'élevage

Pour les tableaux 3 à 7 :

X : Les termes suivants sont enregistrés dans l'outil Excel et peuvent être sélectionnés pour structurer les surfaces.

– : Les éléments d'installation sont considérés comme non significatifs du point de vue des odeurs.

*Tableau 3 : Eléments d'installation propres à l'**élevage bovin** pour déterminer les surfaces pertinentes*

Eléments de l'installation		Sources individuelles	Surface
Stockage et conditionnement du fourrage	Ensilage	Silo-tour	–
		Front de coupe (silo plat/silo-couloir)	X
		Balles d'ensilage	–
	Légumes frais, fruits	Carottes, pommes de terre, betteraves fourragères, fruits	–
	Aliments secs	Stock de foin	–
		Stock de concentrés	–
	Préparation des aliments	Mélangeur fixe pour l'ensilage (zone de chargement)	–
Stock de litière		Paille de céréales, de colza, bouchons de paille, sciure, sable, etc.	–
		Entrepôt pour le compost	–
Installation d'étable	Distribution de fourrage	Crèches, mangeoires : sans ensilage	–
		Crèches, mangeoires : avec ensilage	X
		Station distributrice	–
		Libre-service du silo plat	X
	Stabulation entravée	Couches	X
		Rigoles à déjections (fumier + lisier)	X
		Caniveau à lisier (lisier)	X
	Surfaces fonctionnelles Stabulation libre	Aires d'affouragement surélevées avec des séparations (stalles d'alimentation)	–
		Aires d'affouragement sans séparations	X
		Aires de circulation	X
		Logettes (surélevées et profondes)	X
		Logettes (litière profonde, litière sur plan incliné, compost, igloos)	X
	Aire extérieure	Accès permanent à l'aire d'exercice extérieur	X
		Accès non permanent à l'air d'exercice extérieur	–
	Etable	Couloir de circulation	–
		Aire de vêlage, box infirmerie	X
	Traite	Système de traite automatique	X
		Salle de traite	–
		Aire d'attente séparée	–
Autres aires		Orifices de ventilation canaux	X
		Sortie au pâturage avec couche herbeuse	–
		Poumon pour silo d'ensilage	–
		Local avec tank à lait	–
		Bureau, local technique et remise à outils	–
	liquide	Stock ouvert de lisier	X

Stock d'engrais de ferme		Orifices de ventilation stock de lisier	X
	solide	Stock de fumier du compost provenant des étables à compostage[a]	X
		Stock des matières solides issues de la séparation	X

[a] Pour le stockage du fumier, seule la surface minimale requise par la loi sur la protection des eaux doit être prise en compte.

*Tableau 4 : Eléments de l'installation propres à l'**élevage porcin** pour déterminer les surfaces pertinentes.*

Eléments de l'installation		Sources individuelles	Surface
Conditionnement et stockage du fourrage	Ensilage	Silo-tour	–
		Front de coupe (silo plat/silo-couloir)	X
		Balles d'ensilage	–
	Aliments liquides, sous-produits	Tanks fermés	–
	Légumes frais, fruits	Carottes, pommes de terre, betteraves fourragères, fruits	–
	Aliments secs	Silos à fourrage pour les céréales	–
	Préparation des aliments	Cuisine à fourrage	–
Stock de litière		Paille de céréales, de colza, bouchons de paille, sciure, sable, etc.	–
		Entrepôt pour le compost	X
Installation d'étable	Distribution du fourrage	Mangeoires, station d'alimentation, distributeurs automatiques	X
	Surfaces fonctionnelles	Zone d'alimentation	X
		Boxes d'alimentation/de repos, stalles de saillie	X
		Aire de repos	X
		Nid à porcelets	X
		Nid thermique	X
		Zone de déjection	X
		Aire d'exercice extérieure	X
		Zone de traitement des animaux	X
	Etable	Couloir de circulation	–
Autres aires		Orifices de ventilation canaux	X
		Bureau, local technique et remise à outils	–
Stock-d'engrais de ferme	liquide	Stock ouvert de lisier	X
		Orifices de ventilation stock de lisier	X
	solide	Stock de fumier[a]	X
		Stock des matières solides issues de la séparation	X

[a] Pour le stockage du fumier, seule la surface minimale requise par la loi sur la protection des eaux doit être prise en compte.

*Tableau 5 : Eléments de l'installation propre à l'**élevage de volailles** pour déterminer les surfaces pertinentes*

Eléments de l'installation		Sources individuelles	Surface
Stock	Aliments secs	Silo d'aliments	–
Stock de litière		Paille de céréales, bouchons de paille, sciure, etc.	–
Installation d'étable	Aire intérieure	Couloir de circulation	–
		Surface de la halle paillable, plus surfaces tapis à fientes	X
	Aire extérieure	Aire de climat extérieure (ACE)[a]	X
		Aire de sortie en toutes saisons	–
Autres aires		Sortie au pâturage avec couche herbeuse	–
		Bureau, local technique et remise à outils	–
		Local de tri des œufs	–
Stock d'engrais de ferme	liquide	Stock ouvert de lisier	X
		Orifices de ventilation stock de lisier	X
	solide	Stockage de fientes[b]	X

[a] Seule la surface ACE exigée conformément au programme SST ou aux dispositions de l'ordonnance sur les paiements directs doit être prise en compte.

[b] Pour le stockage de fientes, seule la surface minimale requise par la loi sur la protection des eaux doit être prise en compte.

*Tableau 6 : Eléments d'installations propres à l'**élevage de chevaux** pour déterminer les surfaces pertinentes*

Eléments de l'installation		Sources individuelles	Surface
Stock de fourrage	Aliments secs	Stock de foin, de concentrés	–
Stock de litière		Paille de céréales, de colza, bouchons de paille, sciure, sable, etc.	–
		Entrepôt pour le compost	–
Installation d'étable	Distribution de fourrgage	Détention en groupe : stalle d'alimentation	X
	Surfaces fonctionnelles	Boxe individuelle	X
		Détention en groupe : aire de repos	X
		Aires de circulation	X
		Couloir de circulation	–
		Accès permanent à l'aire de sortie en toutes saisons	X[a]
Autres aires		Terrain d'équitation, halle d'équitation	–
		Carrousel[b], rond de longe	–
		Aire de douche, aire de nettoyage et de ferrage, solarium	–
		Remise à outils et sellerie	–
Stock d'engrais de ferme	liquide	Stock ouvert de lisier	X
		Orifices de ventilation stock de lisier	X
	solide	Stock de fumier[c]	X

[a] La surface de sortie par animal entre dans le calcul de la distance selon les exigences minimales fixées dans l'ordonnance sur la protection des animaux (OPAn) du 23 avril 2008, RS 455.1 ; les surfaces dépassant ces exigences n'entraînent pas d'augmentation supplémentaire de la distance, mais sont prises en compte dans la mesure de la distance.

[b] Inclusion indiquée en fonction de la fréquence d'utilisation, de la taille et de l'emplacement.
[c] Pour le stockage du fumier, seule la surface minimale requise par la loi sur la protection des eaux doit être prise en compte.

*Tableau 7 : Eléments de l'installation propres aux **installations de méthanisation** pour déterminer les surfaces pertinentes.*

Eléments de l'installation		Sources individuelles	Surface
Stockage / prétraitement des substrats		Stockage des substrats, y le conditionnement	X
Présentation du substrat		Conteneur d'alimentation	–
		Dispositif d'alimentation	–
Autres aires		Couplage chaleur-force (CCF)	–
		Torche à gaz ou similaire	–
		Local technique et remise à outils	–
Digesteur, stock de lisier, stock des résidus de fermentation	liquide	Orifices de ventilation (réservoir pour le digestat et le lisier liquide)	X
		Cuve de fermentation, digesteur, réservoir de gaz, soupape de surpression	–
		Post-digesteur ou réservoir de stockage étanche aux gaz	–
	solide	Stock des résidus de fermentation	X
		Surface pour le conditionnement des matières solides[16]	X

A2 Facteurs spécifiques aux espèces animales et aux systèmes de détention

Tableau 8 : Aperçu des facteurs spécifiques aux espèces animales et aux systèmes de détention pour la pondération des différentes sources d'odeur

Espèce animale	Catégorie d'animaux	Système de détention	Facteur spécifique (f_i)
Bovins	Bovins, à l'exception des veaux à l'engrais.	Stabulation entravée	0,10
		Stabulation libre avec ou sans aire d'exercice extérieure	0,08
	Veaux à l'engrais	Toutes les catégories	0,10
Porcs	Porcs d'engraissement et remontes	Système à une seule aire sur litière profonde, sans autres aires	0,40
		Ventilation forcée, évacuation de l'air par le toit, sans courette	1,00
		Autres systèmes de détention	1,20
	Aire de truies non allaitantes et de saillie, également avec verrats d'élevage	Ventilation forcée, évacuation de l'air par le toit, sans courette	0,50
		Autres systèmes de détention	0,60
	Aire de mise bas : truies allaitantes, y comp. porcelets allaités	Ventilation forcée, évacuation de l'air par le toit, sans courette	0,20
		Autres systèmes de détention	0,25

[16] Par exemple, post-compostage ou séparation

	Elevage de porcelets : porcelets sevrés	Système à une seule aire sur litière profonde, sans autres aires	0,30
		Ventilation forcée, évacuation de l'air par le toit, sans courette	0,80
		Autres systèmes de détention	1,00
Volaille	Poulettes	Toutes les catégories	0,20
	Poules pondeuses ainsi que les animaux géniteurs	Toutes les catégories	0,30
	Poulets à l'engrais	Toutes les catégories	0,40
	Dindes	Toutes les catégories	0,30
Autres	Chevaux	Toutes les catégories	0,02
	Moutons	Toutes les catégories	0,23
	Chèvres	Toutes les catégories	0,24
	Lapins	Toutes les catégories	0,08
Distribution de la ration d'ensilage			
Distribution du fourrage		Rations avec ensilage dans la mangeoire et sur la table d'affourragement	0,40
Stock d'ensilage, d'engrais de ferme, de substrats et de résidus de fermentation			
Stock de fourrage		Fronts de coupe pour l'ensilage en silo	0,40
Engrais de ferme		Lisier et eaux usées : tous les animaux sauf les porcs	0,20
		Lisier de porcs	1,00
		Fumier de bovins, chevaux et moutons	0,20
		Fumier de chèvres	0,40
		Fumier de volaille et de porcs	1,00
		Matières solides séparées	1,00
Installation de méthanisation		Stock de substrats[a] et de résidus de fermentation	1,00

[a] Les engrais de ferme apportés peuvent être pris en compte en appliquant le facteur correspondant à chaque type d'engrais de ferme. Pour les surfaces de stockage contenant exclusivement des co-substrats de la classe d'odeur 1, un facteur de réduction $\eta' = 0,8$ peut être appliqué.

Pour les espèces animales ou les parties d'installations qui ne figurent pas dans le Tableau 8, les facteurs doivent être déduits par analogie à partir d'autres bases. Les facteurs d'émission pour d'autres espèces animales sont par exemple disponibles dans la publication « Émissions issues de l'élevage » de la HBLFA Raumberg-Gumpenstein et du Land de Styrie [7].

A3 Mesures préventives spécifiques à la situation

Les mesures préventives suivantes, spécifiques à chaque situation, peuvent contribuer de manière déterminante à la réduction des odeurs pour les zones situées en dessous de 40 m :

- Disposition spatiale des sources dégageant des odeurs de manière à éviter spécifiquement les utilisations voisines nécessitant une protection.
- Minimiser les surfaces souillées par les excréments en aménageant des zones fonctionnelles afin de limiter au maximum les surfaces émettrices et de les placer de manière ciblée.
- Garantir que l'urine soit absorbée par la litière ou qu'elle puisse s'écouler rapidement des surfaces.
- Evacuer les excréments et le fumier de l'étable au moins une fois par jour (exception pour les litières profondes avec de la litière fraîche ou sèche) ainsi que des aires de sortie ; choisir notamment des revêtements de sol simples à nettoyer dans les zones très sollicitées.
- Changer la couche de travail de l'aire de sortie de manière ciblée, pour éviter une accumulation d'excréments.
- Concevoir les stocks de matières dégageant des odeurs intensives comme le fumier de manière à pouvoir assurer leur couverture permanente.
- Recouvrir les matières dégageant des odeurs intensives comme le fumier immédiatement après l'évacuation, le mélange ou le dépôt d'une couche supplémentaire.
- Recouvrir les fourrages entamés dégageant des odeurs intensives immédiatement après la reprise, renoncer à distribuer de l'ensilage et d'autres aliments dégageant des odeurs intensives.
- Stocker les matières dégageant des odeurs intensives comme l'ensilage, les engrais de ferme et le compost en quantité et en temps.
- Brasser le lisier et déplacer le fumier si possible uniquement pour le transport ou l'épandage.

A4 Justification des différences par rapport à l'AS59

A4-1 Problèmes des formules de calcul de l'AS59

Les formules de calcul de la présente recommandation Cercl'Air diffèrent sur certains points des formules de l'AS59. Selon l'AS59, la puissance olfactive de la source est calculée par la formule

$$PS = 0{,}016 \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} S_{Ind_i} f_i \cdot \left(1 - \eta'_i\right)\right]^{\frac{100}{135}}$$

Cette puissance olfactive est ensuite utilisée pour calculer l'intensité par rapport à la distance D, $IO(D)$, déterminée par

$$IO(D) = (IO_{DM} + PS) \cdot e^{-\frac{D \ln 2}{D_{0,5}}}$$

IO_{DM} Valeur seuil, $IO_{DM} = 0{,}2$

$D_{0,5}$ Distance de demi-valeur, $D_{0,5} = 50\,m$.

Si l'on fixe l'intensité résiduelle sur le côté gauche de cette formule à la valeur seuil 0,2, $IO(DM) = 0{,}2$, et que l'on résout l'équation selon DM, on obtient la formule pour la distance minimale :

$$DM = -72{,}1 \cdot \ln\left(\frac{0{,}2}{0{,}2 + PS}\right)$$

Les deux formules posent des problèmes d'application.
Pour les raisons suivantes, il a été décidé que les formules ne devaient pas être appliquées sous cette forme :

Sur le côté droit de la formule pour l'intensité résiduelle $IO(D)$, la valeur seuil IO_{DM} est ajoutée à la puissance olfactive de la source PS. Comme ce terme est placé avant la fonction exponentielle, il s'agit ici d'une contribution à la source. L'intensité réelle de la source d'une installation n'est donc pas PS, mais $PS + IO_{DM}$. Les explications données dans l'AS59 ne permettent pas de comprendre pourquoi la puissance olfactive de la source devrait encore être corrigée de cette contribution.

Un tel ajout ne semble pas non plus possible pour des raisons de principe. Comme il ressort de l'AS59 et d'autres publications[17], $IO(D)$ et donc aussi PS sont des intensités. Or, les intensités ne peuvent pas être directement additionnées (par analogie avec l'addition des niveaux sonores). Ainsi, lors du calcul de la puissance olfactive de la source, ce ne sont pas les intensités qui sont additionnées, mais les surfaces pondérées par des facteurs spécifiques à l'espèce animale et au système de détention.

D'un point de vue pratique, l'ajout s'avère également problématique. Dans l'application, la signification réelle de l'ajout s'explique de la manière suivante : l'ajout de 0,2 à la puissance olfactive de la source a pour conséquence que l'intensité des odeurs à l'endroit de la source correspond toujours au moins à la valeur qui est encore considérée comme admissible selon le principe de prévention (valeur seuil). Ceci indépendamment de la présence ou non de surfaces émettrices d'odeurs et de leur étendue. Selon les prescriptions de l'AS59, la situation où une exploitation présente certes des surfaces émettant des odeurs, mais où l'intensité des émissions est inférieure au seuil, même sur l'exploitation elle-même, ne peut jamais se produire. Le fait que la formule ne doive être appliquée qu'à partir d'une intensité de source de 0,15 n'a pas d'importance. Premièrement, la formule ne remplit pas la condition limite mentionnée plus haut d'un modèle solide de propagation des odeurs et deuxièmement, l'ajout a une

[17] Voir par exemple l'AS59 chapitre 4.2 et Keck M. at al., Chemical Engineering Transactions 68 (2018) 109-114.

grande influence, parfois même dominante, sur les petites étables. Pour les exploitations dont la puissance olfactive de la source est faible (en particulier les étables à bovins sans fourrage d'ensilage), les surfaces émettrices de l'exploitation n'ont plus d'influence décisive sur la distance minimale, car la puissance olfactive effectivement pertinente est dominée par l'additif 0,2.

L'ajout est particulièrement problématique pour les exploitations comportant plusieurs parties d'installations séparées physiquement, qui sont séparées selon l'AS59 (calcul avec influence mutuelle). Deux parties d'installation peuvent être séparées si la distance minimale entre les surfaces émettrices d'odeurs des deux parties les plus proches est d'au moins 50 mètres.

Comme exemple de calcul, nous considérons le cas simplifié suivant (cf. Figure 5) :

Un agriculteur possède une étable 1 existante (verte). Il s'agit d'une étable d'une surface moyenne pondérée de 41 m^2 ou d'une puissance olfactive de la source de 0,25 (correspondant à une étable à stabulation libre optimisée en surface d'environ 270 m^2 sans fourrage d'ensilage avec 25 à 30 UGB de bovins). La distance minimale de cette étable est de 58 m selon l'AS59. Une zone d'résidentielle est située à 70 m à l'est de cette étable (A = 70 m dans la Figure 5). La distance minimale est donc respectée.

L'agriculteur souhaite doubler son cheptel et construire une deuxième étable identique à la première. Il pourrait construire l'étable directement au sud de l'étable existante (étable 2, emplacement A sur la Figure 5). Ensemble, les étables ont toutefois une somme de surfaces pondérées de 82 m^2 et donc une puissance olfactive de la source de $PS = 0{,}42$. Il en résulte une distance minimale de 81 m. La distance minimale par rapport à la zone résidentielle avoisinante n'est désormais plus respectée.

L'agriculteur a maintenant la possibilité de déplacer la nouvelle étable de plus de 60 m vers l'ouest (loin de la zone résidentielle, étable 2, emplacement B). La distance minimale entre les deux étables (D sur la Figure 5) serait alors de 60 m. La distance entre la nouvelle étable et la zone résidentielle est donc supérieure à 130 m, soit plus du double de la distance minimale requise pour cette étable individuelle.

La procédure de calcul de la distance minimale avec influence mutuelle selon l'AS59 est désormais la suivante :

1. Tout d'abord, une puissance olfactive de la source est déterminée séparément pour les deux parties de l'installation (ici l'étable 1 et l'étable 2). Les écuries sont supposées être de construction identique, chacune ayant une puissance olfactive de la source de 0,25.
2. Pour calculer l'influence de l'étable 2 sur l'étable 1, on calcule la puissance olfactive résiduelle de l'étable 2 à la distance D (distance minimale entre l'étable 1 et l'étable 2). Dans cet exemple, cette puissance olfactive résiduelle est de 0,19.[18]
3. La puissance olfactive de l'étable 2 est alors ajoutée à la puissance olfactive de l'étable 1, dont la puissance olfactive effective est de $PS_1' = 0{,}25 + 0{,}19 = 0{,}44$
4. La distance minimale de l'étable 1 est maintenant calculée avec la puissance olfactive effective de la source, elle est de 85 m.

Bien que la moitié des émissions aient été déplacées de plus de 60 m de la zone résidentielle, la distance minimale n'est pas réduite, mais augmente de 81 m à 85 m.

Ce résultat manifestement incorrect est obtenu de la manière suivante :

1. Le plus important est l'ajout de 0,2 à la puissance olfactive de la source, déjà critiqué plus haut. Si les deux sources sont regroupées (bâtiment 2 sur le site A), il est ajouté une fois. Mais si les

[18] Selon les formules (9) et (6) de l'AS559 : IO(D) = (0,2 + PS) x exp(-D x ln2 / 50m) = 0,45 x exp(-0,84) = 0,19.

deux sources sont séparées, le supplément est ajouté deux fois : une fois pour calculer la puissance olfactive de l'étable 2 sur le site B et une deuxième fois pour calculer la puissance olfactive effective de l'étable 1.
Cela est clairement visible dans le fait que la puissance olfactive de l'étable 2, qui doit encore être ajoutée à la puissance olfactive de l'étable 1, correspond à près de quatre cinquièmes de la puissance olfactive initiale de l'étable 2. Et ce, bien que l'étable 2 soit située à plus d'une distance minimale complète de l'étable 1.
Dans la formule de calcul, on affirme donc que l'intensité de la source 2 ne diminue que d'un cinquième sur une distance de 60 m. Cette affirmation est manifestement incorrecte, car on part du principe que l'intensité des odeurs diminue de moitié après 50 m (chapitre 4.2 dans l'AS59).

2. Une autre erreur est que la puissance olfactive de la source PS_1' est calculée comme la somme de la puissance olfactive de la source PS_1 et de la puissance olfactive résiduelle PS_2. Cette formule serait correcte si la puissance olfactive de la source était un flux de substances odorantes. Or, les puissances olfactives sont des intensités et, en tant que telles, ne sont pas des grandeurs additives. La formule de calcul de l'influence mutuelle est donc mathématiquement incorrecte, indépendamment de l'ajout de 0,2.
Il convient de souligner que l'influence de cette erreur est bien moindre que celle de l'ajout de 0,2. Elle peut certes aussi entraîner une augmentation des distances en cas d'influence réciproque, mais dans une mesure si faible que cela n'aura guère d'importance pour l'exécution. Pour des raisons pragmatiques, il a donc été décidé de conserver cette partie de la formule.

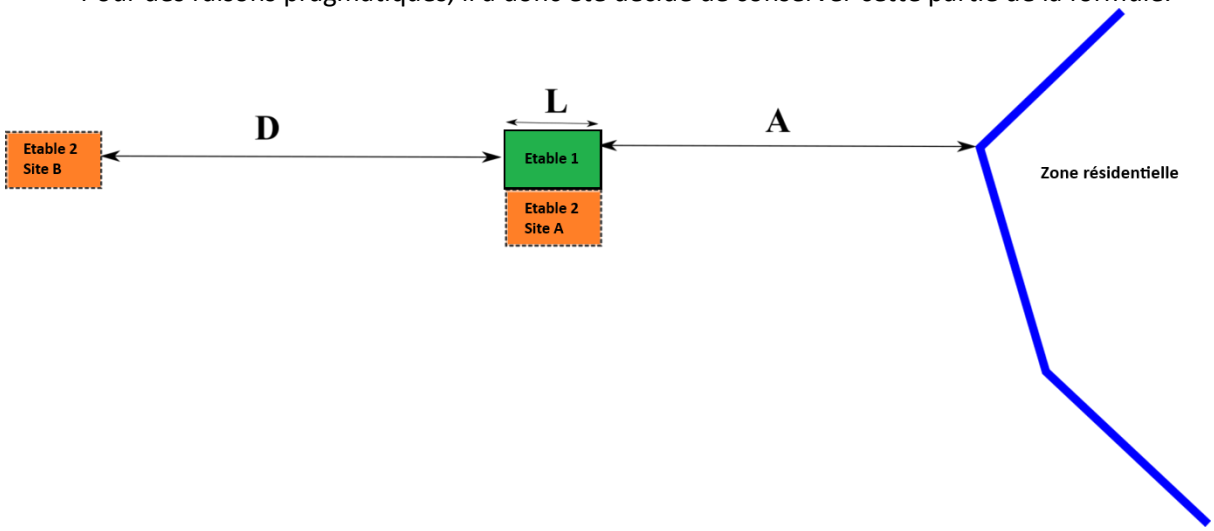

Figure 5 : Esquisse de la situation telle qu'elle est utilisée dans les exemples avec deux étables. La deuxième étable (étable 2) peut être réalisée soit sur le site A soit sur le site B. A est la distance entre la ligne de mesure est de l'étable 1 et la zone d'habitation, L est la distance entre la ligne de mesure est et ouest de l'étable 1 et D est la plus petite distance entre les lignes mesure de l'étable 2, du site B et de l'étable 1.

A4-2 Procédure à suivre pour résoudre les problèmes exposés

Pour remédier aux problèmes soulevés, on ne peut pas simplement supprimer l'ajout de 0,2 dans la formule de l'intensité résiduelle. Cela conduirait à des distances minimales qui ne correspondraient pas aux relevés effectués lors des relevés de panaches. De même, il n'est pas possible d'ajouter qu'une seule fois le supplément pour l'influence mutuelle (soit uniquement sur le site de la source intérieure, soit uniquement sur le site de la source extérieure). Cela conduit également à des résultats erronés. Il a donc été essayé de trouver une approche mathématique de la courbe de décroissance qui soit aussi proche que possible de celle de l'AS59 et qui se passe de l'ajout de 0,2.

Deux inconnues ont été introduites à cet effet : a et b. La nouvelle courbe de décroissance doit maintenant être calculée à l'aide de la formule suivante

$$IO_{nouveau}(D) = a \cdot PS^b \cdot e^{-\frac{D \cdot ln2}{D_{0,5}}}$$

Comme il n'est pas possible ici de réévaluer les données de mesure qui ont conduit à la courbe de décroissance de l'intensité, il est logique de conserver la même distance minimale avant et après correction pour une puissance olfactive de source moyenne. Nous désignons cette puissance olfactive par PS_0. Etant donné qu'avec cette valeur, les deux formules doivent donner la même distance minimale, il faut appliquer la règle suivante

$$(IO_{DM} + PS_0) = a \cdot PS_0^b$$

Ainsi, a est $déterminé\ par\ b$ de la manière suivante :

$$a = PS_0^{-b} \cdot (IO_{DM} + PS_0)$$

Il en résulte donc effectivement encore un paramètre à choisir librement.

Pour les exploitations de taille moyenne, les distances minimales ne doivent si possible pas changer. Cela a été défini ici par le fait que la distance ne doit pas changer avec PS = 1. C'est pourquoi PS_0 = 1 y est utilisé, avec IO_{DM} = 0,2, a = 1,2 s'applique alors indépendamment du choix de b.

Pour ce cas particulier, diverses valeurs de b ont été évaluées par rapport à la formule initiale. Pour b = 1, les distances minimales sont plus grandes pour les grandes sources et plus petites pour les petites sources par rapport à l'AS59. Cela peut être adapté en choisissant un paramètre b < 1. Avec le choix du paramètre b = 0,9, la distance minimale reste pratiquement identique pour les grandes étables, alors qu'elle diminue de manière significative pour les petites étables (à partir de PS < 0.8 environ). Une comparaison des deux formules est présentée à la Figure 6 pour l'ensemble du domaine d'application des formules. On voit clairement qu'il n'y a pas d'écart significatif pour les distances minimales plus grandes. La Figure 7 montre la comparaison pour les petites distances minimales. La correction de la formule réduit les distances minimales à l'extrémité inférieure du domaine d'application. Pour ces raisons, b a été fixé à 0,9. L'ajout de 0,2 à l'intensité de la source est supprimé.

La correction de la formule ne modifie pas le comportement de décroissance, mais change uniquement la puissance olfactive de la source. La nouvelle puissance olfactive de la source se calcule à partir de celle de l'AS59 via

$$PS_{nouveau} = a \cdot PS^b = 1{,}2 \cdot PS^{0,9} = 1{,}2 \cdot \left[0{,}016 \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} S_{Ind_i} f_i \cdot \left(1 - \eta'_i\right) \right]^{\frac{100}{135}} \right]^{0,9}$$

$$= 0{,}029 \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} S_{Ind_i} f_i \cdot \left(1 - \eta'_i\right) \right]^{0,67}$$

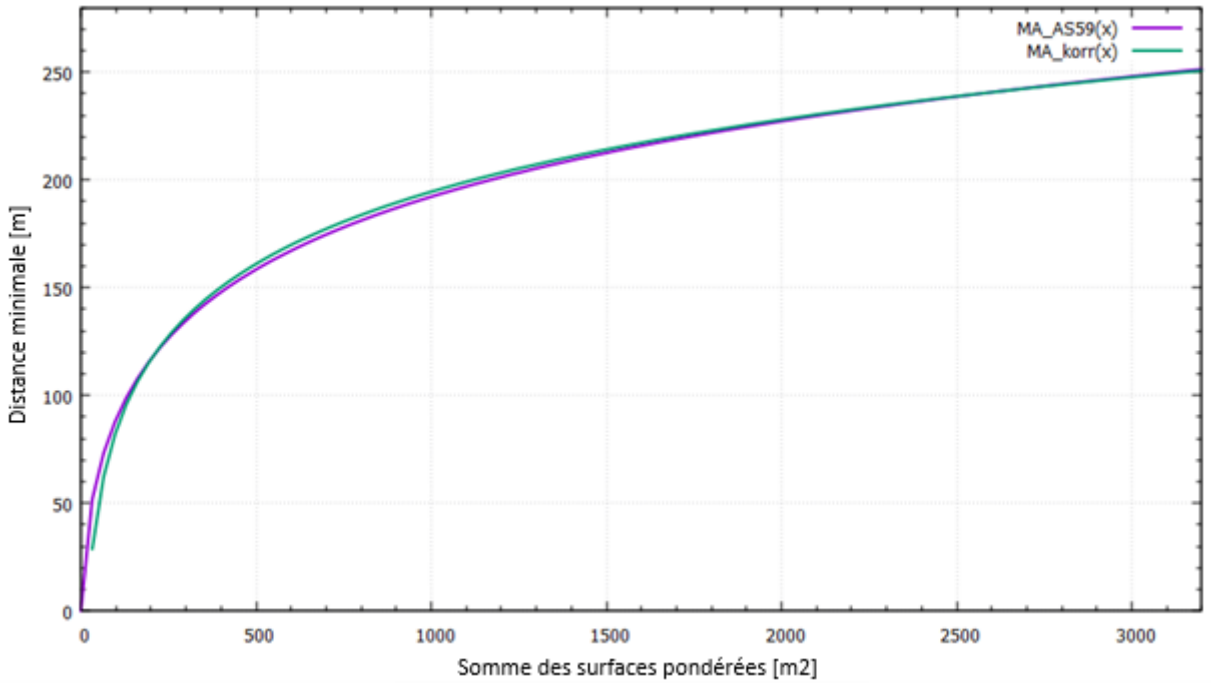

Figure 6 : Comparaison du calcul de la distance minimale selon l'AS59 et avec la formule corrigée. La zone représentée correspond à l'ensemble du domaine de validité jusqu'à une distance minimale d'environ 250 m ou une puissance olfactive de la source de 6,2.

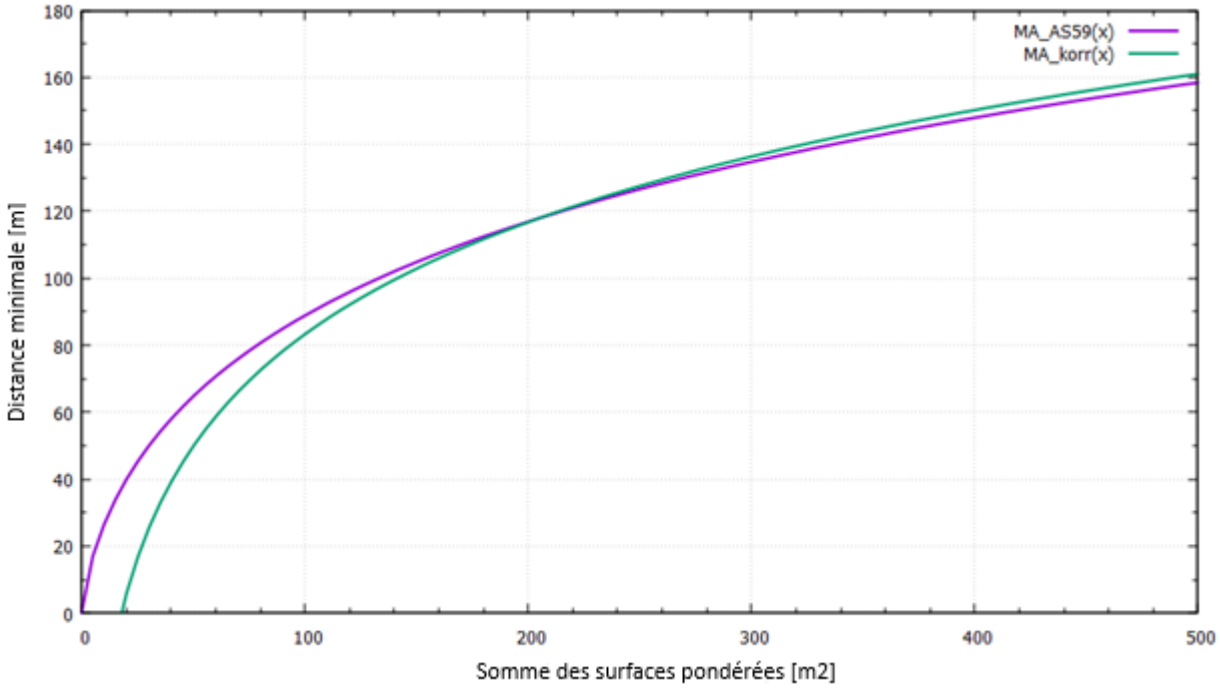

Figure 7 : Comparaison du calcul de la distance minimale selon l'AS59 et avec la formule corrigée pour les petites distances minimales. Les formules sont en principe applicables à partir d'une distance minimale calculée de 40 mètres.

A4-3 Justification d'autres différences par rapport à l'AS59

Outre l'adaptation de la formule de calcul, des adaptations supplémentaires ont été apportées par rapport à l'AS59 (les désignations des chapitres et des tableaux se réfèrent au chapitre/tableau de l'AS59 auquel l'adaptation appartient) :

- Chapitre 4.1, formules 2 et 3, et chapitre 4.4 : dans l'AS59, seuls l'alpage et le pâturage intensif sont prévus comme réduction pour les utilisations saisonnières des surfaces émettrices. Étant donné que la nouvelle méthode selon AS59 et cette recommandation Cercl'Air permettent de recenser les surfaces émettrices de manière beaucoup plus précise et explicite que l'ancienne méthode selon FAT n° 476, ce principe peut également être appliqué à d'autres surfaces. Cette recommandation Cercl'Air offre donc en principe la possibilité d'une réduction correspondant à la période sans émissions pour toute surface utilisée uniquement de manière saisonnière. Cela vaut en particulier pour les surfaces avec ensilage, si celui-ci n'est pas utilisé toute l'année pour l'alimentation des animaux.
- Chapitre 4.1, formule 4, installations de méthanisation : des enquêtes menées dans les environs d'installations de biogaz avec élevage d'animaux ont montré que les contributions liées à la surface ne permettent pas de saisir complètement les émissions totales de l'installation. Des émissions supplémentaires résultent notamment de l'augmentation des transbordements de matériaux odorants sur l'exploitation ainsi que des pertes de biogaz.[19] C'est pourquoi, dans le calcul de la distance minimale selon l'AS59, une contribution indépendante de la surface de 1'200 à la somme pondérée des surfaces est proposée. Ainsi, la puissance olfactive de la source obtient une valeur minimale de 3 et la distance minimale ne peut pas être inférieure à 200 mètres.
  Depuis les enquêtes qui ont conduit à cette proposition[20] , diverses nouveautés sont apparues, qui devraient être prises en compte dans le calcul des distances minimales : en 2016, le module « Installations de méthanisation dans l'agriculture » un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture [4] et en 2022, la recommandation Cercl'Air n° 31q « Installations de méthanisation » [5] ont été publiées. Il existe ainsi des recommandations qui donnent des indications claires tant sur la réception, le traitement et le stockage des substrats et des produits de fermentation que sur l'étanchéité de l'installation de méthanisation. En outre, de plus en plus de petites installations sont réalisées aujourd'hui n'acceptant pas de co-substrats et ne traitant souvent que les substrats de leur propre exploitation.
  C'est pourquoi il est recommandé de réduire la contribution indépendante de la surface dans la mesure où des mesures de réduction des émissions sont mises en œuvre, qui n'ont toutefois pas encore pu être prises en compte dans les enquêtes conformément aux notes de bas de page 19 et 20.
- Chapitre 4.4.1, épuration de l'air vicié : la valeur limite pour les installations d'épuration de l'air vicié et la formulation des exigences relatives au gaz épuré ont été adaptées à la recommandation de l'OFEV sur les odeurs. Celle-ci prévoit désormais, en accord avec la TA Luft une valeur limite de 500 uo/m^3 (la valeur de 300 uo/m^3 selon l'annexe 12 TA Luft n'est valable que pour le contrôle de qualité anticipé).
  En outre, une concrétisation a été faite dans ce chapitre : l'AS59 définit des exigences pour les installations d'épuration de l'air vicié, mais ne précise pas le facteur de réduction qui peut être utilisé si les exigences sont satisfaites. Ceci a été complété dans la présente recommandation Cercl'Air.

[19] Voir à ce sujet Keck et al., Geruchsimmissionen und relevante Einflussgrössen bei Tierhaltung mit Biogasanlagen, VDI-Berichte 2363 (2019), pp 123-134.
[20] Mager et al., Geruchserhebungen bei Betrieben mit landwirtschaftlichen Biogasanlagen, KTBL-Schrift, 588 (2013) 372-373.

- Chapitre 4.4.2, surélévation du panache d'air vicié : avec les recommandations sur les cheminées de l'OFEV il existe déjà une aide à l'exécution qui définit des exigences minimales pour les cheminées. Cette aide à l'exécution est également applicable à l'air vicié chargé d'odeurs, la recommandation sur les odeurs de l'OFEV fournit des informations supplémentaires à ce sujet. Les auteurs de cette recommandation Cercl'Air sont ainsi d'avis qu'il n'est pas nécessaire de définir des exigences minimales spécifiques pour les cheminées des installations d'élevage agricoles. Il est donc recommandé de se baser sur les recommandations sur les cheminées de l'OFEV à ce sujet.
- Chapitre 5.1, mesure des distances pour les sources individuelles : l'expérience en matière d'exécution montre que la détermination précise de l'endroit à partir duquel la distance minimale doit être mesurée est tout aussi importante que l'importance de la distance elle-même. La formulation de l'AS59 laisse une grande marge d'interprétation à bien des égards. Afin de clarifier la situation, la mesure doit être réduite au principe selon lequel la distance est mesurée à partir du point le plus proche où une odeur est générée ou s'échappe d'un bâtiment. En conséquence, la colonne « mesure » des tableaux A1 à A5 de l'AS59 est également supprimée.
- Chapitre 5.2, calcul des distances en cas de sources multiples :
    - Dans l'AS59, différentes sources ne peuvent être séparées que si la distance minimale entre elles est d'au moins 50 m. Dans la présente recommandation, cette distance minimale est abaissée à 30 m. Des exemples d'installations réelles ont montré qu'avec une distance minimale de 50 m, les lieux d'émission effectifs ne peuvent plus être représentés de manière réaliste dans les cas comportant plusieurs étables alignées. La réduction de la distance minimale contribue à atténuer ce problème.
    - Une puissance olfactive minimale de 0,3 est désormais introduite. Si une partie d'une installation, spatialement distincte, présente une puissance olfactive inférieure à 0,3, il n'est pas nécessaire de calculer l'influence réciproque pour cette partie. Cette approche permet de résoudre un problème qui existait déjà dans le calcul des distances minimales selon FAT n° 476. Pour les parties d'installation de très petite taille, l'influence réciproque entraîne des distances nettement plus importantes. D'un point de vue technique, les distances minimales sont difficilement justifiables dans ces cas, car les émissions d'odeurs de la petite partie de l'installation ne représentent qu'une contribution minime par rapport à celles de la partie plus importante. La valeur seuil de 0,3 pour la puissance olfactive a été fixée de manière à garantir que les petites parties de l'installation non prises en compte soient séparées des autres parties de l'installation d'au moins une distance correspondant à la distance minimale propre à la petite partie de l'installation.
    - Les auteurs de cette recommandation Cercl'Air proposent de choisir comme distance déterminante pour le calcul de la puissance olfactive résiduelle des sources non pas la distance minimale, mais la distance entre centres géométriques olfactifs. Cela correspond à la procédure selon FAT n° 476. Cette distance correspond au comportement réel de décroissance si les éléments de l'installation étaient des sources ponctuelles. Même dans le cas de sources étendues, les auteurs de la recommandation Cercl'Air estiment qu'il s'agit de la seule distance techniquement justifiable. La proposition de l'AS59 peut conduire à des distances injustifiées dans le cas de parties d'installations étendues latéralement et dont la puissance olfactive est faible.

      Il est en outre proposé que l'influence mutuelle ne soit en principe déterminée que jusqu'à la somme des distances minimales non influencées des différentes parties de l'installation. Cela correspondait déjà à la pratique de certains cantons lors du

calcul selon FAT n° 476. La distance minimale de 200 m n'est en réalité pas applicable ni nécessaire pour les petites parties d'installations.

- Chapitre 6, évaluation du site en vue de la propagation des odeurs : aucune modification n'est proposée à ce sujet par rapport à l'AS59, mais les indications de la publication sont concrétisées.
- Tableaux A1 à A5 : dans ces tableaux, la colonne « mesure » est supprimée. Pour la justification, voir ci-dessus les adaptations du chapitre 5.1 de l'AS59.
  Par ailleurs, la sélection et la désignation des surfaces pertinentes ont été examinées avec l'aide d'experts et partiellement adaptées. Il s'agit en grande partie de modifications rédactionnelles.
- Tableau A1 :
  - Pour le stockage de fumier, la surface à prendre en compte a été limitée au minimum requis par la loi sur la protection des eaux. Il est en effet difficile de mesurer la surface du stockage de fumier, car il n'existe généralement pas de délimitation claire entre le stockage de fumier et la zone de chargement et de manœuvre adjacente.
  - Le mélangeur fixe pour l'ensilage a été supprimée de la liste des surfaces pertinentes. La surface souillée par un mélangeur mobile et celle souillée par un mélangeur fixe sont quasiment identiques. D'un point de vue technique, il n'est pas justifié de traiter différemment ces deux types de mélangeurs.
- Tableau A3 : dans ce tableau, les modifications suivantes ont été apportées :
  - Les surfaces pertinentes à l'intérieur de l'étable ont été définies plus clairement, étant donné que la surface au sol de l'étable peut également comprendre des zones non souillées.
  - L'aire de sortie en toutes saisons pour l'élevage de volailles a été supprimée en tant que surface génératrice d'odeurs. Celle-ci entraîne une augmentation significative de la distance minimale pour les poulaillers disposant d'un accès au pâturage. Toutefois, selon l'appréciation des auteurs de la présente recommandation Cercl'Air, la production d'odeurs dans l'aire de sortie en toutes saisons est faible. Il manque en outre des données démontrant qu'un poulailler avec une aire de sortie en toutes saisons génère, en tant que système complet, davantage d'odeurs qu'un poulailler sans ce type d'aire de sortie. D'autres bases scientifiques (voir les indications dans [7]) ne prévoient pas non plus, pour la volaille, d'émissions plus élevées dans les systèmes ouverts avec aires de sortie en toutes saisons.
  - Dans les poulaillers répondant aux exigences de labels (p. ex. Bio) pour les poules pondeuses et les poulettes, une surface plus importante d'aire à climat extérieur (ACE) est prescrite que celle exigée par le programme SST ou par l'ordonnance sur les paiements directs. Cette surface supplémentaire entraîne une surestimation de la puissance olfactive réelle. Par conséquent, lors du calcul de la distance minimale, seule la surface d'aire à climat extérieur (ACE) exigée par l'ordonnance sur les paiements directs peut être prise en compte pour les poules pondeuses et les poulettes.
- Tableau A6 : plusieurs modifications ont été apportées à ce tableau :
  - Selon les explications fournies dans l'AS59 (voir « Synoptique des méthodes et des nouvelles connaissances », page 13), la distance minimale en stabulation conventionnelle ne devrait pas varier par rapport au système défini dans la FAT n° 476. Toutefois, cette comparaison a été effectuée sans tenir compte des installations de stockage du fumier et des fientes. Dans la pratique, cela peut entraîner une multiplication des distances minimales, en particulier pour les animaux consommant des fourrages grossiers. Les comparaisons ont donc été répétées en tenant compte des installations de stockage des engrais de ferme, et les facteurs ont été adaptés en conséquence. Il en résulte les nouveaux facteurs suivants :

  - Bovins en stabulation entravée : facteur applicable à la surface de l'étable : 0,1 ; facteur applicable au stockage du fumier : 0,2. La base de calcul repose sur des étables à stabulation entravée accueillant de 30 à 50 vaches laitières, avec un système mixte lisier-fumier de litière empilé et une capacité de stockage de six mois, pour une hauteur d'empilement de 1,75 m.
  - Chèvres : facteur applicable au stockage du fumier : 0,4. La base de calcul repose sur des étables à stabulation entravée pour les chèvres laitières et des étables à stabulation libre pour les autres chèvres. Les étables accueillent de 80 à 120 chèvres, avec une capacité de stockage du fumier de six mois et une hauteur d'empilement de 1,75 m.
  - Moutons : facteur applicable au stockage du fumier : 0,2. La base de calcul repose sur des étables à stabulation libre accueillant de 130 à 170 moutons, avec une capacité de stockage du fumier de six mois et une hauteur d'empilement de 1,75 m.
- Les facteurs spécifiques aux espèces animales pour les stabulations libres avec et sans aires extérieures pour les bovins ont été harmonisés et réduits. L'adaptation du facteur applicable à la stabulation entravée a rendu indispensable une réduction de ce facteur. Par ailleurs, l'évaluation de la formule à partir de différents exemples d'étables à stabulation libre avec parcours extérieurs a montré que les surfaces de ces étables prises en compte dans le calcul des émissions d'odeurs sont généralement nettement supérieures aux surfaces minimales exigées par la réglementation sur la protection des animaux. Les surfaces indiquées pour les stabulations libres dans la fiche technique Agroscope n° 90 de 2018 sont idéalisées et ne peuvent guère être respectées. Cela vaut en particulier pour les transformations d'étables, mais le plus souvent aussi pour les nouvelles étables. Pour les petites installations d'élevage en particulier, la distance minimale augmente fortement dans la réalité, elle est généralement plusieurs fois supérieure à la distance minimale déterminée selon les anciennes dispositions FAT n° 476.
  Sur la base de nombreux exemples, les auteurs sont arrivés à la conclusion que des distances minimales aussi importantes ne se justifient pas pour les étables à bovins. Ces étables ne posent guère de problèmes en termes d'émissions d'odeurs et il y aurait une disproportion avec les distances des porcheries de taille similaire. Les nouveaux facteurs tiennent compte du fait que les systèmes de stabulation de bovins ont changé par rapport à ceux qui existaient lors de l'établissement du rapport FAT n° 476 et que les surfaces souillées plus importantes des systèmes de stabulation actuels entraînent des émissions globalement plus élevées. Les nouveaux facteurs, qui conduisent toujours à des distances plus élevées pour les étables à bovins, comparées à celles déterminées selon FAT n° 476, reflètent ces émissions supplémentaires inévitables. Les nouveaux facteurs tiennent toutefois également compte du fait que la qualité olfactive des bovins est manifestement perçue comme nettement moins négative que celle des porcs et de la volaille.
- Dans la méthode FAT n° 476, les veaux à l'engrais se voient attribuer un facteur propre, nettement plus élevé que celui des autres catégories de bovins. Ce facteur plus élevé ne figure plus dans l'AS59, sans qu'aucune justification ne soit donnée à ce changement. Une recherche bibliographique n'a pas permis de trouver d'éléments probants démontrant que les facteurs nettement plus élevés définis dans la FAT n° 476 soient justifiés. Pour les veaux à l'engrais également, les distances calculées selon la FAT n° 476 ont été comparées pour différentes tailles d'étables, en tenant compte des installations de stockage du fumier. Le facteur applicable aux veaux à l'engrais a été fixé au même niveau que celui applicable à la détention en stabulation entravée. Cela

permet de rapprocher les distances minimales calculées pour les étables de grande taille (500 animaux et plus) de celles obtenues selon la FAT n° 476.

- Le facteur le plus bas pour les porcheries a été limité aux porcheries à ventilation forcée sans aires extérieures. Les émissions d'odeurs dans les porcheries avec des aires extérieures se produisent en grande partie à l'extérieur. Si les animaux sont nourris à l'extérieur, les odeurs sont presque exclusivement émises dans l'aire d'exercice. Pour de telles porcheries, une ventilation forcée n'entraîne pas nécessairement une réduction des émissions d'odeurs dans les environs immédiats. Les prescriptions selon l'AS59 pourraient conduire à réduire la distance minimale des porcheries par l'installation d'une ventilation inutile du point de vue des nuisances olfactives.
- Les bases utilisées pour déterminer les distances applicables aux poules pondeuses et aux poulets à l'engrais ne sont pas clairement définies dans l'AS59. À la connaissance des auteurs de la présente recommandation Cercl'Air, aucune nouvelle donnée n'a été recueillie pour l'AS59 concernant les poulaillers de poules pondeuses seuls (sans installations de biogaz). Aucune nouvelle évaluation de cette catégorie d'animaux n'a été réalisée. Pour la réévaluation effectuée dans le cadre de la présente recommandation, la comparaison des distances avec celles définies selon la FAT n° 476 a également servi de base, en tenant compte des installations de stockage des fientes. Il convient toutefois de noter que, surtout pour les poules pondeuses, les systèmes d'élevage actuels ne sont plus comparables aux systèmes sur lesquels reposait la FAT n° 476. Le facteur applicable aux poulets de chair a été abaissé de 0,55 à 0,4. Selon les facteurs définis par la HBLFA Raumberg-Gumpenstein et le Land de Styrie (référence bibliographique [7]), deux facteurs de réduction peuvent être appliqués aux systèmes de stabulation actuels par rapport aux étables conventionnelles : premièrement, la présence d'un espace à climat extérieur (facteur de 0,8) et, deuxièmement, la présence d'abreuvoirs à pipettes avec des godets de récupération (facteur de 0,9). Le produit de ces deux facteurs permet d'obtenir, après arrondi, un facteur de 0,4. En tenant compte du stockage des fientes (hypothèse d'un entrepôt fermé pour une durée de six mois, avec une hauteur d'empilement de 2 m), l'application de ce facteur permet d'obtenir, pour les poulaillers accueillants entre 8'000 et 18'000 poulets à l'engrais, des distances minimales pratiquement identiques à celles calculées selon la FAT n° 476.
  Le facteur applicable aux poules pondeuses a été réduit de 0,5 à 0,3. Tant les calculs des distances minimales effectués à l'aide de la nouvelle formule que les comparaisons avec des modélisations et les recherches sur d'autres résultats scientifiques ont montré que les distances minimales pour les poules pondeuses sont très élevées par rapport à celles d'autres espèces animales (en particulier l'engraissement de volailles). Il apparaît ainsi que les distances minimales pour les installations d'engraissement de volailles sont pratiquement identiques, à effectif égal, à celles des bâtiments pour poules pondeuses (uniquement la surface du poulailler, sans éventuels stockages de substrats). Ce résultat contredit, dans le contexte actuel des systèmes d'élevage, les expériences pratiques ainsi que les conclusions d'autres études scientifiques (cf. par exemple les références bibliographiques dans [7]). Il convient également de noter que l'odeur des poules pondeuses est moins gênante que celle des poulets d'engraissement. Sur la base des données fournies par la HBLFA Raumberg-Gumpenstein et le Land de Styrie (référence [7]), les facteurs de réduction suivants ont donc été appliqués au facteur spécifique de 0,5 :
  1. Système de volière avec tapis à fientes non ventilé, actionnement une fois par semaine : 0,8
  2. Abreuvoirs à pipettes avec des godets de récupération : 0,9
  3. Zone extérieure couverte (jardin d'hiver) : 0,8

Le facteur obtenu a ensuite été arrondi à 0,3. Le facteur 0,3 ne peut donc faire l'objet de réductions supplémentaires que si des mesures de réduction des émissions allant au-delà de celles-ci sont prises.

- L'utilisation du même facteur pour les poulettes et les poules pondeuses entraîne une surestimation de la charge réelle en odeurs et en émissions des exploitations d'élevage de poulettes. La réduction du facteur se justifie notamment par le fait que seule une partie de la surface du poulailler est utilisée pendant la période d'élevage. De plus, les animaux n'atteignent leur poids final qu'après leur transfert dans le poulailler pour poules pondeuses.
- Le facteur applicable à la mise à disposition de fourrage d'ensilage et du front de coupe pour les silos de fourrage d'ensilage a été réduit de 1,0 à 0,4. Divers exemples concrets ont montré que l'influence du fourrage avec ensilage sur la distance minimale avec le facteur initial devenait démesurée. Cette influence importante a également fait l'objet de critiques lors des différentes consultations. C'est pourquoi il a été décidé de réduire ce facteur.
- En ce qui concerne le stockage de fumier, les distinctions selon les espèces animales ont été élargies. Les facteurs sont essentiellement déterminés sur la base d'une comparaison des distances avec celles calculées selon la méthode FAT n° 476.