



**EXAMEN PROFESSIONNEL POUR L'ACCES AU CORPS
DES INGENIEURS DE L'INDUSTRIE ET DES MINES**

SESSION 2021



ÉPREUVE ÉCRITE D'ADMISSIBILITÉ N° 2 DU 2 JUIN 2021



**ETUDE DE CAS
OPTION « ENVIRONNEMENT ET SECURITE INDUSTRIELS »**



REMARQUES IMPORTANTES :

- les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité ;
- **les candidats doivent traiter les deux études de cas ;**
- la calculatrice scientifique est autorisée.

(Durée : 4 heures - Coefficient : 4)

TOUTE NOTE INFÉRIEURE A 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE

Étude de cas n° 1 - Option environnement et sécurité industriels

Première partie

La maire de la commune de Maisonfroide, vous appelle pour vous signaler que depuis plusieurs jours, une odeur d'oeuf pourri est ressentie dans le village, qu'elle est continuellement interpellée par les habitants. Elle a convoqué en mairie l'exploitant, Monsieur Beauchamp du **GAEC de la Petite Prairie**, qui exploite un méthaniseur.

Celui-ci lui a expliqué que le moteur alimenté en biogaz est en réparation mais que tout devrait rapidement rentrer dans l'ordre. Elle souhaite vivement que l'inspection se rende sur les lieux effectuer un contrôle.

Après vérification, le GAEC de la Petite Prairie bénéficie d'un récépissé de déclaration, du 30 /10/2017, au titre de la rubrique 2781-1-b (Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires) pour une capacité maximale de 25 t/j de déchets traités.

Dans le cadre du nouvel arrêté de répartition entre la DREAL et la DDPP, toutes les installations de méthanisation sont suivies par la DREAL. Donc le traitement de cette plainte relève de votre champ de compétence.

QUESTION 1 : Suite à la réception de cette plainte par téléphone que décidez-vous ? (justifier brièvement votre choix)

Vous vous rendez sur place muni de l'arrêté ministériel du 10 novembre 2009 (annexe n°1 jointe au dossier).

L'installation se compose d'un digesteur et d'un post digesteur, ces deux capacités sont couvertes d'une membrane souple. Le ciel des cuves fait également office de gazomètre. Les digesteurs sont équipés d'un dispositif d'abattement du H₂S, par injection d'oxygène.

Le gaz produit est d'abord déshumidifié puis épuré au travers de charbons actifs pour éliminer notamment l'H₂S. Ensuite le gaz épuré alimente un moteur d'une puissance absorbée maximale de 750 kW (non soumis à la rubrique 2910), entraînant un alternateur. L'électricité produite est injectée sur le réseau. La chaleur produite est utilisée pour partie pour maintenir en température les cuves de méthanisation. Actuellement, l'excédent de chaleur n'est pas valorisé et est évacué au travers d'un aérotherme. L'exploitant alimente son installation à partir de fumiers et lisiers provenant de son élevage bovin et également d'autres éleveurs du secteur. Il introduit à hauteur de 15 % des CIVE (Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique), principalement de la paille de seigle et du trèfle. Les

digestats sont épandus sur son exploitation et sur les exploitations des autres apporteurs de matières.

Sur place vous ne ressentez pas l'odeur d'œuf pourri décrite. Vous interrogez l'exploitant qui vous donne les explications suivantes.

Il a fait réaliser l'entretien des 10 000 heures de son moteur.

Cette opération initialement prévue pour 1 journée a pris 4 jours : une culasse du moteur était déformée, il a fallu la faire rectifier.

Concernant les odeurs dénoncées par les riverains, il confirme les faits. Pour lui, la cause est claire, lors de l'opération de maintenance il a constaté que le dispositif de commande de la torchère était défaillant. Il ne s'en était pas aperçu auparavant puisque son installation fonctionne bien. Il a appris à bien gérer le flux de matières entrantes si bien qu'il valorise quasiment 100 % du gaz produit et que la torchère ne fonctionne quasiment jamais.

Pendant 4 jours les rejets de biogaz non traité se sont produits au travers du tuyau de décharge situé en amont du filtre d'épuration du gaz. Le débouché est en hauteur au-dessus du local abritant le dispositif d'épuration, le débouché est à environ 8 m par rapport au sol.

Pendant la période de dysfonctionnement, l'exploitant vous explique qu'il a continué d'alimenter son méthaniseur à raison de 12 tonnes/jour, afin de maintenir un régime de fonctionnement stabilisé du procédé, car lorsqu'il arrête complètement son installation, il lui faut ensuite plus de deux semaines pour retrouver un fonctionnement satisfaisant.

Au cours de l'inspection, vous ne relevez pas de non-conformité sur les installations.

Vous faites procéder à un essai de la torchère, elle fonctionne, elle a été réparée juste quelques heures avant votre visite.

Les enregistrements montrent que pendant 4 jours, du gaz non traité a été rejeté, le débit était d'environ 110 Nm³/h, sa teneur en CH₄ de 51,2 % et sa teneur en H₂S de 75 ppm.

Éléments complémentaires :

Le seuil olfactif de l'hydrogène sulfuré est de 0,1 ppm et le seuil des premiers effets réversibles est de 10 ppm (irritation oculaire), le seuil des effets irréversibles est de 80 ppm (pour une durée d'exposition de 60 minutes) , des risques létaux > 300 ppm.

Pour le méthane, dans l'air, la LIE est 5 % et la LSE 15 %, ce gaz n'est pas toxique. (LIE : Limite Inférieure d'Explosivité, LSE : Limite supérieure d'Explosivité).

QUESTION 2 : décrivez, les différents risques générés par le rejet de biogaz au travers du tuyau de décharge (les premières habitations occupées par des tiers sont à environ 350 m du site, la route la plus proche est à 150 m)

QUESTION 3 : Sur la base des éléments ci-dessus, quelles suites administratives et ou pénales comptez-vous proposer ? Justifiez vos propositions en fait et en droit.

Seconde partie

Sur place vous constatez qu'une serre est en construction, à une distance de 30 m des bords du digesteur.

L'exploitant vous explique, qu'avec sa fille, il démarre une exploitation maraîchère au sein du **GAEC de la Petite Prairie**, il construit cette serre qui sera chauffée par les eaux issues du refroidissement du moteur, ce qui lui permettra de valoriser la chaleur produite. La serre est prévue d'être construite en verre sur armatures métalliques.

Il envisage avec sa fille de commercialiser leurs productions maraîchères et horticoles en « libre cueillette » dans les champs et dans la serre. Le principe est simple, les clients récupèrent un panier et des outils à main au magasin, vont ramasser les fruits, légumes et fleurs et ensuite reviennent payer les produits au magasin. Il envisage également de créer des ateliers « jardinage » et des animations pour les scolaires.

La serre ne figure pas dans le dossier de déclaration. L'exploitant n'a pas informé le Préfet de ces modifications apportées au voisinage des installations.

QUESTION 4 : Estimation des distances d'effets de surpression (vous utiliserez l'abaque multi-énergie joint au dossier)

Nous vous proposons d'évaluer les distances d'effets générées par ce type d'installation en vous appuyant sur le guide de l'INERIS , « Scénarios accidentels et modélisation des distances d'effets associés pour des installations de méthanisation de taille agricole et industrielle ». Même s'il n'appartient pas à l'Inspection de l'Environnement d'effectuer une étude de dangers, il est important d'être en mesure d'estimer les effets attendus, afin de définir une stratégie pertinente.

D'après le guide de l'INERIS, les principaux scénarii accidentels à retenir sont :

A) Accident lors d'un arrêt de production, ou d'une vidange de cuve, le post digesteur ou le digesteur est vide, les déchets ou les digestats ont été soutirés et la cuve renferme un mélange air-biogaz, l'explosion se produit, à l'intérieur de la cuve, lorsque la LSE est atteinte. Le guide retient un indice de violence de 4.

B) Accident en fonctionnement, la membrane du digesteur ou du post digesteur se déchire, un nuage de gaz est libéré, et explose au-dessus de la cuve. En fonctionnement on considère que le ciel gazeux représente le 1/3 du volume utile. Le guide retient un indice de violence de 4.

A partir des données ci-dessous et de l'abaque multi-énergie, vous déterminerez pour chaque scénario A et B, les distances pour les effets de surpression.

Pour déterminer les seuils correspondant aux différents effets, vous vous baserez sur l'annexe n°2 de l'arrêté du 29/09/05 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Données :

L'installation comprend un digesteur et un post digesteur de dimensions identiques

Cuve de diamètre intérieur de 20 m,
hauteur 6 m (enterrée sur 1 m)
Volume utile 1 805 m³

La pression de rupture de la membrane des digesteurs est de 30 mbar.

Le gaz contenu dans les digesteurs est composé à 55 % de Méthane et 45 % de CO₂ (répartition volumique)

On considère que l'explosion se produit à pression atmosphérique $P_{at} = 10^5$ Pa.

L'énergie de combustion du méthane est de 36 MJ/m³ (dans les conditions normales)

Les limites inférieures d'explosivité (LIE) et les limites supérieures d'explosivité (LSE) du biogaz sont données dans le tableau ci-dessous en fonction de la composition en CH₄- CO₂ (INERIS, 2008) :

Composition CH ₄ - CO ₂ (%v/%v)	LIE (%v/vCH ₄)	LSE (%v/vCH ₄)
100 - 0	5	15
60 - 40	5,1	12,4
55 - 45	5,1	11,9
50 - 50	5,3	11,4

QUESTION 5 : Sur la base des constats effectués, du descriptif des installations ci-dessous et de votre analyse des risques, quelles suites envisagez-vous de proposer ?

Rédiger à la manière d'un rapport au Préfet votre analyse de la situation, des risques et vos propositions (vous pouvez décrire plusieurs alternatives possibles pour l'exploitant).

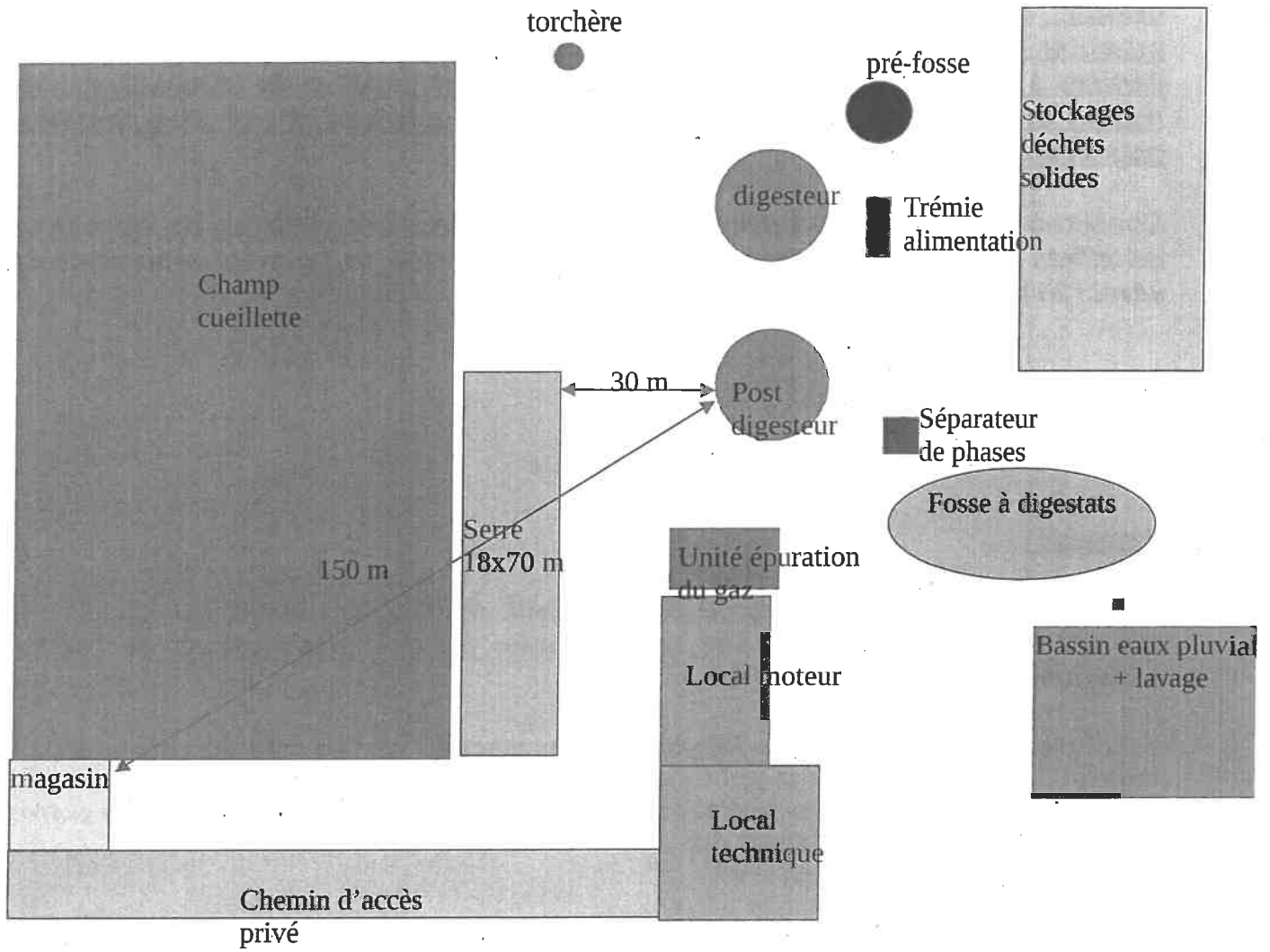
Concernant les effets de surpression, vous retiendrez une distance de 70 m pour les effets irréversibles (50hPa) et une distance de 140 m pour les effets bris de vitres (20 hPa).

Rappels :

- l'installation relève du régime administratif de la déclaration, les conditions d'implantation et d'exploitation sont définies par les prescriptions de l'arrêté ministériel du 10 novembre 2009 ;

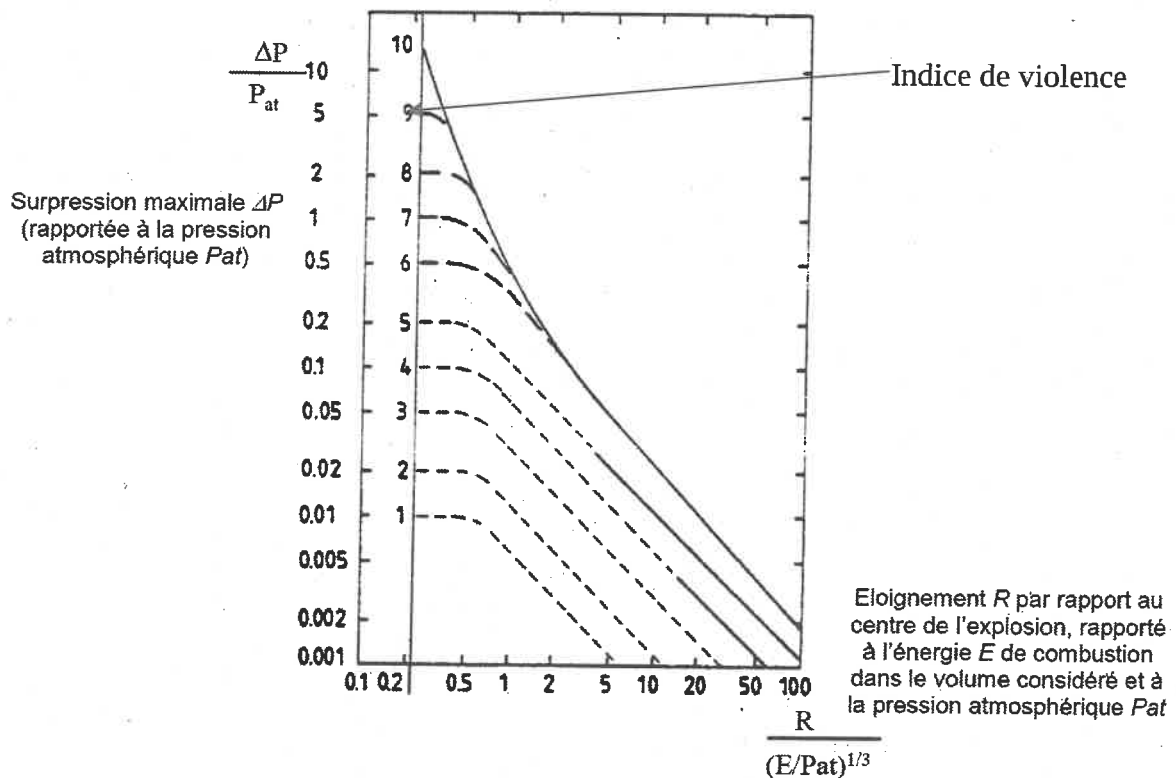
- L'article L512-12 du code de l'environnement précise : « si les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 ne sont pas garantis par l'exécution des prescriptions générales contre les inconvénients inhérents à l'exploitation d'une installation soumise à déclaration, le préfet, éventuellement à la demande des tiers intéressés, peut imposer par arrêté toutes prescriptions spéciales nécessaires. »

DESCRİPTIF DE L'INSTALLATION



PRESENTATION DE LA METHODE MULTI-ENERGIE

Une méthode couramment employée et bien acceptée (Mouilleau et Lechaudel, 1999) pour évaluer les effets d'une explosion de gaz aérienne a été mise au point dans les années 1980 (Van den Berg, 1984) et constamment améliorée depuis. Il s'agit de la méthode dite « Multi-Energy ». L'idée centrale est qu'une explosion de gaz produit des effets d'autant plus importants qu'elle se développe dans un environnement encombré ou turbulent dans lequel la flamme peut se propager rapidement, et qu'en dehors de ces zones, les effets de pression associés à la propagation de la flamme sont minimales. Pour une situation réelle où la dimension maximum du nuage explosif a été préalablement estimée, on repère les endroits où la densité d'obstacles ou le degré de turbulence du nuage sont susceptibles d'être importants et on modélise l'explosion globale par une succession d'impulsions de pression engendrées par la propagation de la flamme à travers ces zones. En fait, tout se passe comme s'il n'y avait pas une, mais plusieurs explosions. On associe à chaque explosion « élémentaire » un indice de violence sur une échelle de 1 à 10 qui représente la surpression maximum qui peut être obtenue dans la zone associée (voir figure page suivante). Outre ces considérations géométriques la réactivité propre du gaz inflammable doit être prise en considération.



Abaque de la méthode Multi-Energy, donnant les surpressions ΔP engendrées par des déflagrations à vitesse de flamme constante de volumes explosifs hémisphériques posés au sol (Van den Berg, 1984).

Unités E(Joules J), P et ΔP (Pascal Pa), $P_{at} = 100\ 000$ Pa, R (mètres) , énergie combustion du méthane : 36 MJ/m^3

Étude de cas n° 2 - Option environnement et sécurité industriels -

Le 7 janvier 2021, la Sous-Préfète de Béthune vous sollicite dans le cadre d'un projet « confidentiel » au nom de code « GRANIT ». (voir ci-après les éléments clés du projet)

La société KH, spécialisée dans la transformation de produit à usage médical unique, recherche un lieu d'implantation pour la création d'une unité de production et de stockage de gants en nitrile.

Deux territoires sont en concurrence : Angers et le Béthunois.

Les gants sont actuellement produits en Asie (Malaisie) et afin de mieux sécuriser la production, l'exploitant souhaite relocaliser une usine pour les besoins de l'Europe en France, et souhaite pouvoir démarrer son site le plus rapidement possible.

La Sous-Préfète souhaite organiser une réunion avec elle, l'exploitant et son bureau d'études, vous, le propriétaire d'un bâtiment (la société « Logistique ») et le gestionnaire de la ZAC où l'implantation pourrait se faire.

Elle vous précise que le projet est majeur pour le territoire, et qu'elle souhaite que vous précisiez à l'occasion de cette rencontre le rôle de l'État en tant que facilitateur de projets.

Le projet est décrit en annexe 1. Sont également joints des plans relatifs aux attentes (site nouveau à créer) ainsi que le plan d'un bâtiment logistique autorisé mais non construit, accompagné de son extrait d'Arrêté Préfectoral d'Enregistrement du 24 décembre 2020.

Est aussi joint un extrait de nomenclature.

Le rendez-vous a lieu dans 3 jours et votre chef d'équipe est en congés.

Questions

1) L'utilisation du bâtiment enregistré le 24 décembre 2020 est-elle envisageable pour accueillir ce projet pour la phase 1 ?

2) Et pour la phase 2 ?

3) Pour la phase 1, le calendrier envisagé est-il adapté en sachant que la durée de construction du bâtiment est prévue pour un maximum de 7 mois ?

4) Pour la phase 1, expliquez les diverses étapes réglementaires applicables, les dossiers attendus, les éléments principaux qui seront dans ces dossiers et les calendriers associés.

Insistez sur les difficultés potentielles et les possibilités éventuelles de les lever.

5) Même question pour la phase 2.

6) La veille de la réunion, l'exploitant vous indique que l'utilisation du bâtiment précité n'est plus possible suite à un désaccord financier majeur avec la société « Logistique ». Il vous demande si le décalage de 3 mois du calendrier prévu permettra à son projet bis phase 1 d'être envisagé sur le lieu retenu (zone actuellement cultivée dans la zone d'activité) ? Apportez une réponse argumentée.

7) Expliquez pour la phase 1 de ce projet bis, les diverses étapes techniques et réglementaires applicables, les dossiers attendus, les éléments principaux qui seront dans ces dossiers et les calendriers associés.

Insistez sur les difficultés potentielles et les possibilités éventuelles de les lever.

8) Rédigez un projet de note à l'attention de la Sous-Préfète en prévision de la rencontre.

9) Qui suggérez-vous d'associer à cette rencontre, en complément des personnes invitées ?