



Groupe d'Étude de Sécurité
des Industries Pétrolières et Chimiques

**GUIDE DE LECTURE DE LA NOUVELLE REGLEMENTATION SUR
LE STOCKAGE ET LE CHARGEMENT/ DECHARGEMENT DE
LIQUIDES INFLAMMABLES**

PARTIE STOCKAGE (1432 A)

**ARRETE 1432 A DU 3 OCTOBRE 2010
MODIFIE PAR L'ARRETE DU 10 FEVRIER 2011**

**RAPPORT 2011/01
FICHE 2011/01 – 5
ETANCHEITE CUVETTE**

SOMMAIRE

1	TEXTE DE L'ARRETE (ART 22.1)	3
2	NOTIONS DE BASE	4
2.1	Vitesse d'infiltration / vitesse de pénétration.....	4
2.2	Calcul de la vitesse d'infiltration	5
3	ETANCHEITE DEMANDEE PAR L'ARRETE	8
3.1	Etanchéité à base de béton ou de membrane.....	8
3.2	Etanchéité à base de matériaux meubles (argile, limon argileux) :.....	9
4	EXEMPTION D'ETANCHEITE	10
4.1	De par la nature des produits	10
4.2	De par l'hydrogéologie	10
5	EXEMPLES D'APPLICATION	12
5.1	Cuvette béton	12
5.2	Cuvette en matériaux meubles.....	12
6	RESTE DE LA PRESCRIPTION	16

1 TEXTE DE L'ARRÊTÉ (ART 22.1)

22-1-1. Les rétentions nouvelles sont pourvues d'un dispositif d'étanchéité répondant à l'une des caractéristiques suivantes :

- un revêtement en béton, une membrane imperméable ou tout autre dispositif qui confère à la rétention son caractère étanche. La vitesse d'infiltration à travers la couche d'étanchéité est alors inférieure à 10^{-7} mètres par seconde. Cette exigence est portée à 10^{-8} mètres par seconde pour une rétention de surface nette supérieure à 2 000 mètres carrés contenant un stockage de liquides inflammables d'une capacité réelle de plus de 1 500 mètres cubes ;
- une couche d'étanchéité en matériaux meubles telle que si V est la vitesse de pénétration (en mètres par heure) et h l'épaisseur de la couche d'étanchéité (en mètres), le rapport h/V est supérieur à 500 heures. L'épaisseur h , prise en compte pour le calcul, ne peut dépasser 0,5 mètre. Ce rapport h/V peut être réduit sans toutefois être inférieur à 100 heures si l'exploitant démontre sa capacité à reprendre ou à évacuer le produit dans une durée inférieure au rapport h/V calculé.

L'exploitant s'assure dans le temps de la pérennité de ce dispositif. L'étanchéité ne doit notamment pas être compromise par les produits pouvant être recueillis, par un éventuel incendie ou par les éventuelles agressions physiques liées à l'exploitation courante.

22-1-2. Pour les installations existantes, l'exploitant recense dans un délai de deux ans à compter de la date de publication du présent arrêté les rétentions nécessitant des travaux d'étanchéité afin de répondre aux exigences des dispositions du point 22-1-1 du présent arrêté. Il planifie ensuite les travaux en quatre tranches, chaque tranche de travaux couvrant au minimum 20 % de la surface totale des rétentions concernées. Les tranches de travaux sont réalisées au plus tard respectivement six, dix, quinze et vingt ans après la date de publication du présent arrêté.

Sont toutefois dispensées des exigences formulées à l'alinéa précédent :

- les rétentions associées à des réservoirs existants contenant des liquides inflammables non visés par une phrase de risque R22, R23, R25, R26, R28, R39, R40, R45, R46, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R56, R58, R60, R61, R62, R63, R65, R68, ou par une de leur combinaison, ou par une mention de danger H300, H301, H302, H304, H330, H331, H340, H341, H350, H351, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H361f, H361d, H361fd, H370, H371, H372, H373, H400, H410, H411, H412 ou H413, ou par une de leur combinaison ;
- les rétentions associées à des réservoirs existants contenant des liquides inflammables non visés par une phrase de risque R23, R26, R39, R54, R56, R58, R60, R61 ou par une de leur combinaison, ou par une mention de danger H330, H331, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H370 ou par une de leur combinaison, et pour lesquelles une étude hydrogéologique réalisée par un organisme compétent et indépendant atteste de l'absence de voie de transfert vers une nappe exploitée ou susceptible d'être exploitée, pour des usages agricoles ou en eau potable.

2 NOTIONS DE BASE

2.1 Vitesse d'infiltration / vitesse de pénétration

La vitesse d'infiltration (aussi appelée vitesse de filtration) est le débit filtré par unité de surface. Il peut s'exprimer en m³ par seconde et par m² de surface, donc en mètres par seconde

La vitesse de pénétration (aussi appelée vitesse porale) est la vitesse de descente du front de liquide. **Elle est toujours supérieure à la vitesse d'infiltration** à cause de la porosité du milieu.

Le rapport entre vitesse d'infiltration et vitesse de pénétration (vitesse porale) est lié à la porosité du milieu (pourcentages de vides offerts à la circulation du liquide).

$$V_{\text{pénétration}} = V_{\text{infiltration}} / \omega$$

ω étant la porosité (variant entre 0 et 1)

Dans le béton, le fluide ne circule que par des microfissures (très faible porosité), la vitesse de pénétration (vitesse porale) sera donc élevée (plusieurs puissances de 10 x supérieure à la vitesse d'infiltration). Mais globalement, le débit passant au travers de la couche sera faible.

La membrane est l'exemple extrême. Un seul trou d'épingle donnera une vitesse de pénétration (vitesse porale) infinie (passage immédiat), mais une vitesse d'infiltration négligeable.

Vitesse d'infiltration et de pénétration (vitesse porale) sont souvent, et à tort, confondues dans les études.

Le choix d'un critère visant la vitesse de pénétration (vitesse porale) et l'application stricte d'un calcul de porosité serait très défavorable à une étanchéité béton.

La porosité est très difficile à appréhender (ne se mesure pratiquement pas, surtout pour des matériaux solides). Le calcul de la vitesse de pénétration (vitesse porale) sera donc imprécis.

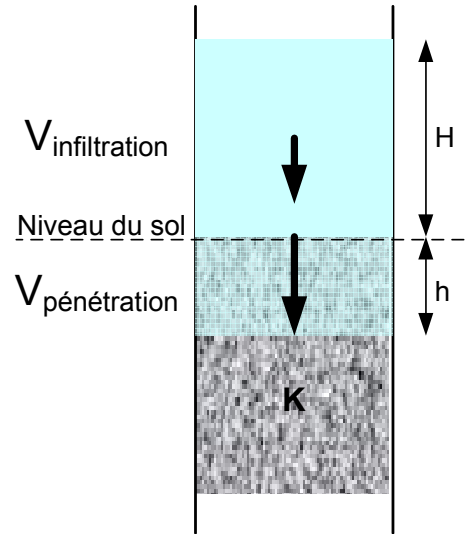


Figure 1: vitesse d'infiltration et de pénétration

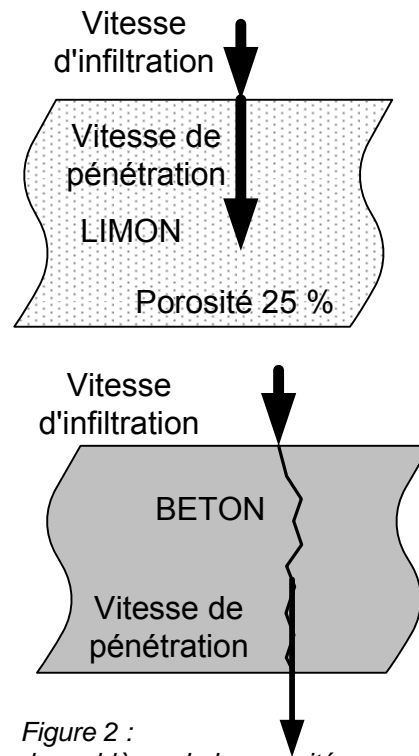


Figure 2 : le problème de la porosité

Le tableau de valeur de porosité ci-dessous permet d'évaluer au mieux les conditions de calcul de la vitesse porale appliquée au cas étudié. Nota : il faut prendre en compte la porosité efficace et non pas la porosité totale.

Type de sol	Porosité efficace
Sable	0.30
Gravier	0.25
Limon	0.20
Calcaire	0.14
Loess, tuff	0.20
Schistes	0.25
Grès	0.2 – 0.3
Argile	<0.2
Source: McWorter and Sunada (1977).	

Les cuvettes étant généralement en matériaux meubles, de type limon, 0.25 est une valeur raisonnable pour la porosité.

2.2 Calcul de la vitesse d'infiltration

LOI DE DARCY

La vitesse d'infiltration est fonction

- de la charge hydraulique au dessus du sol (H)
- de l'épaisseur de la couche infiltrée (h)
- de la perméabilité du milieu (K) qui dépend du fluide considéré

$$V_{\text{infiltration}} = K_{\text{fluide}} \frac{H+h}{h} \quad \text{Equation 1}$$

La charge hydraulique au dessus du sol ou hauteur en charge (H) sera la hauteur de liquide dans la cuvette correspondant à la perte de confinement d'un réservoir (donc une valeur inférieure ou égale à la hauteur de débordement).

H+h constitue la charge hydraulique totale.

Voir le chapitre 5 pour le détail du calcul.

La perméabilité d'un milieu est fonction de sa perméabilité à l'eau et de la viscosité cinématique (ν) du fluide stocké :

$$K_{\text{fluide}} = K_{\text{eau à } 20^\circ} \frac{\nu_{\text{eau à } 20^\circ}}{\nu_{\text{fluide à } 20^\circ\text{C}}} \quad \text{Equation 1}$$

La viscosité cinématique s'exprime en Stokes¹ (et plus couramment en centistokes). Si l'on dispose de la viscosité dynamique μ (ou η dans certains ouvrages) qui s'exprime classiquement en centipoises², on peut obtenir la viscosité cinématique par :

$$\nu \text{ (en cSt)} = \frac{\mu \text{ (en cP)}}{\text{densité}} \quad \text{Equation 1}$$

S'agissant d'un problème de pénétration dans le sol, la viscosité du fluide peut être prise à température ambiante, même pour un fluide réchauffé.

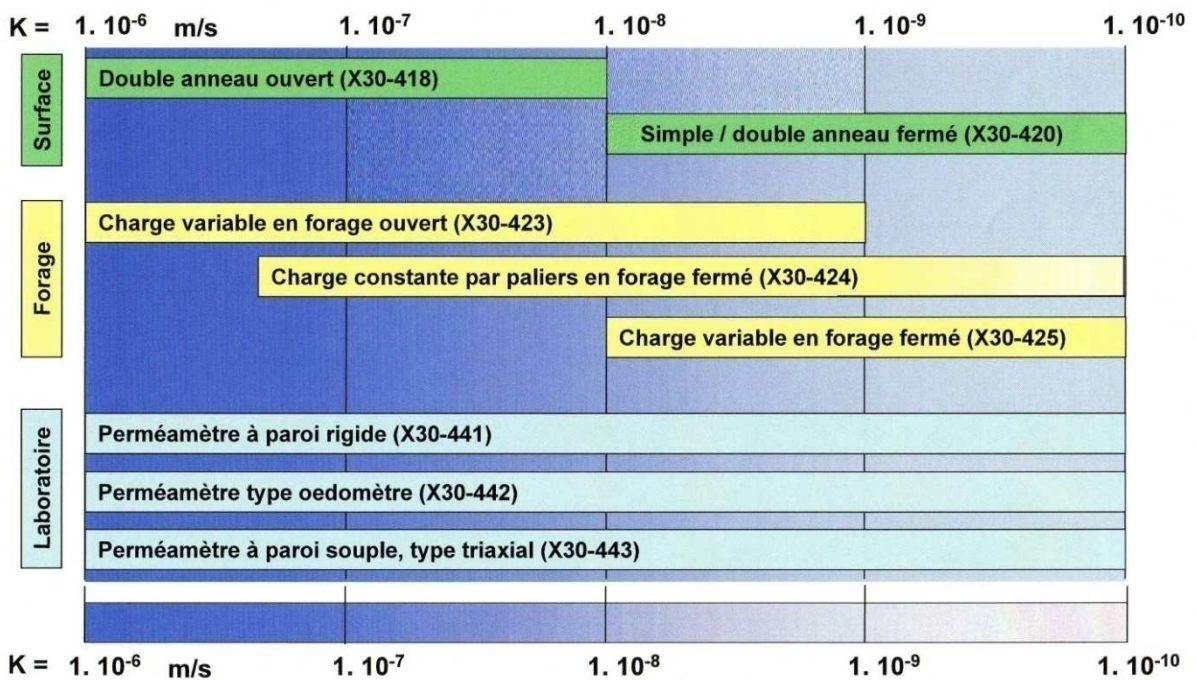
Perméabilité et vitesse d'infiltration s'expriment toutes les deux en m/s. Il ne faut pas les confondre.

QUELQUES VALEURS TYPIQUES DE PERMEABILITE A L'EAU (20°C)

Keau (m/s)	min	max
Membrane	1.00E-15	1.00E-14
Béton neuf (labo)	1.00E-13	1.00E-10
Argile	1.00E-10	5.00E-08
Dalle béton (qq années)	1.00E-09	1.00E-07
Limon argileux	5.00E-09	1.00E-06
Limon	1.00E-09	1.00E-06
Limon sableux	5.00E-06	5.00E-04
Sable fin	1.00E-05	1.00E-04
Sable moyen	1.00E-04	5.00E-03
Sable grossier	5.00E-03	5.00E-02
Gravier sableux	5.00E-03	5.00E-02
Gravier fin à moyen	1.00E-03	1.00E-02
Gravier grossier	1.00E-02	2.00E-01

¹ 1 Stokes = 100 centistokes = $1 \cdot 10^{-4}$ m²/s

² 1 poise = 100 centipoises = 0.1 Pa.s (ou Poiseuille)

NORMES APPLICABLES EN MATIERE DE MESURES DE PERMEABILITE


Pour confirmer la perméabilité, si besoin, il est possible de faire des mesures en suivant la norme NF X 30-418 (double anneau ouvert) pour des gammes $10^{-9} \text{ m/s} - 10^{-5} \text{ m/s}$. Pour les milieux peu perméables ($10^{-10} \text{ m/s} - 10^{-8} \text{ m/s}$), il est désormais recommandé d'appliquer la norme NF X 30-420.

Il est d'usage d'envisager un point de mesure pour 1000 m^2 de surface, ce critère étant à moduler en fonction du résultat de l'examen visuel de la cuvette.

3 ETANCHÉITÉ DEMANDÉE PAR L'ARRÊTÉ

3.1 Rappels sur le périmètre et sur d'autres textes éventuellement applicables

Le texte 1432 a un périmètre limité aux stockages de liquides inflammables (voir le chapitre 3 du guide 2011-01). Il définit par contre de façon précise et avec des critères chiffrés ce qu'il faut entendre par "étanchéité".

D'autres textes réglementaires comportent des exigences d'étanchéité, sans toutefois apporter de critères chiffrés. Il faut tout particulièrement citer l'arrêté du 4 octobre 2011 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, Section IV : Dispositions relatives à la limitation des conséquences de pertes de confinement - article 25 II.

I. Tout stockage d'un liquide susceptible de créer une pollution des eaux ou des sols est associé à une capacité de rétention dont le volume [..]

II. La capacité de rétention est étanche aux produits qu'elle pourrait contenir. Elle résiste à la pression statique du produit éventuellement répandu et à l'action physico-chimique des produits pouvant être recueillis.

Cette prescription ne s'adresse pas aux liquides inflammables relevant de la nomenclature 1432, mais aux autres liquides qui peuvent être présents dans un parc de stockage (relevant du régime de l'autorisation mais pour d'autres rubriques de la nomenclature³).

On pourra par contre utiliser les critères ci-dessous définissant l'étanchéité pour répondre à la prescription de l'article 25 de l'arrêté ministériel du 4 octobre.

3.2 La définition de l'étanchéité selon l'arrêté 1432A

L'arrêté distingue deux types d'étanchéité selon la technologie employée.

ETANCHEITE A BASE DE BETON OU DE MEMBRANE

La notion de vitesse de pénétration n'est pas pertinente.

Il faut fixer un débit de fuite donc une vitesse d'infiltration : la limite est de 10^{-7} mètres par seconde. Cette valeur est abaissée à 10^{-8} mètres par seconde pour une rétention de surface nette supérieure à 2000 mètres carrés contenant un stockage de liquides inflammables d'une capacité réelle de plus de 1500 mètres cube.

En effet, pour une cuvette de grande surface, l'infiltration à 10^{-7} m/s donne une fuite jugée inacceptable ($10\ 000\ m^2 \rightarrow 86\ m^3$ par jour). Le critère a donc été durci à 10^{-8} m/s pour les cuvettes de plus de 2 000 m^2 (m^2 nets, donc réservoirs déduits). Le critère de plus de 1500 m^3 a été ajouté pour faire le lien avec l'IT 89, mais ce critère est inutile car une cuvette de plus de 2000 m^2 contient généralement des réservoirs d'une capacité cumulée largement supérieure à 1500 m^3 .

Nota : en cas de fuite le produit qui est passé au travers de la couche ne peut plus être récupéré (mais la quantité est très faible).

Il n'y a pas lieu de fixer une épaisseur minimale, les membranes sont très efficaces avec quelques millimètres.

Une dalle béton en bon état général a généralement une vitesse d'infiltration à l'eau inférieure à 10^{-7} m/s.

La valeur de 10^{-8} m/s est difficile à atteindre. Pour une grande cuvette, on aura intérêt à utiliser l'étanchéité en matériaux meubles.

³ Le benzène relevant de la rubrique 1131 est un bon exemple

ETANCHEITE A BASE DE MATERIAUX MEUBLES (ARGILE, LIMON ARGILEUX) :

Le produit va pénétrer lentement dans le sol. Une fois la fuite arrêtée et le produit repompé, la terre souillée doit être excavée, traitée puis le sol reconstitué. Tout le produit est normalement récupéré.

Il faut fixer une vitesse de pénétration (V) couplée à une épaisseur maximale imprégnée (h) → soit un temps de transfert.

Il a été décidé de limiter l'épaisseur de terre imprégnée à une valeur de 50 cm, de façon à limiter l'ampleur de la remédiation et éviter une déstructuration des sols et/ou une fragilisation des infrastructures (merlons, murs, assise...).

L'IT 89 fixait un temps de transfert de 23 jours (10^{-8} m/s et 2 cm mini). Cette durée est très pénalisante pour les calculs de perméabilité. Dans la plupart des cas, le produit peut être repris en un temps nettement moindre. La durée doit donc pouvoir être réduite, si l'exploitant peut démontrer sa capacité à reprendre le produit (capacité de pompage, creux disponible dans un parc de réservoir,...).

On a donc retenu les critères suivants :

- Un rapport $h/V > 500$ heures, pour une épaisseur imprégnée prise en compte dans le calcul de 50 cm. Ceci correspond en première approche à un temps de transfert de 21 jours (même hypothèse que l'IT89). On suppose qu'en 21 jours le produit aura été repris quelle que soit la capacité de l'exploitant.
- Un rapport $h/V >$ temps de reprise du produit (avec un minimum de 100 heures), pour une épaisseur imprégnée prise en compte dans le calcul de 50 cm, si l'exploitant démontre sa capacité à reprendre ou à évacuer le produit dans un temps inférieur au rapport h/V calculé. Ceci revient à dire en première approche que l'imprégnation est limitée grâce au repompage du produit (lorsque tout est repompé, l'imprégnation ne progresse plus). Un talon de 100 heures est imposé, il correspond à une marge de sécurité, compte tenu des éventuelles difficultés d'intervention (incendie, explosivité, mise ne place des moyens de pompage, recherche d'une capacité libre...).

4 EXEMPTION D'ÉTANCHÉITÉ

Ces exemptions ne concernent que les cuvettes existantes. Les rétentions nouvelles n'en bénéficient pas.

Rappel : cette exemption ne concerne que la nomenclature 1432. Elle ne s'applique pas aux autres stockages relevant éventuellement de l'article 25 du 4 octobre 2010.

4.1 De par la nature des produits

Certains produits bénéficient d'une dispense d'étanchéité par absence de risque. Ils ne doivent pas être concernés par une série de phrases de risque citées (ou mentions de danger). Ces phrases concernent les risques de toxicité aiguë ou à long terme, de nocivité, les risques CMR (toutes catégories) et de danger pour l'environnement.

Les phrases de risques ou mentions de dangers citées sont :

- R22, R23, R25, R26, R28, R39, R40, R45, R46, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R56, R58, R60, R61, R62, R63, R65, R68, ou leur combinaison
- H300, H301, H302, H304, H330, H331, H340, H341, H350, H351, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H361f, H361d, H361fd, H370, H371, H372, H373, H400, H410, H411, H412 ou H413, ou leur combinaison

Les familles de produits pouvant bénéficier de cette exemption (liste non limitative) sont :

- l'éthanol, les alcools supérieurs (propanol, butanol, pentanol, et isomères)
- quelques cétones dont l'acétone, la méthyléthylcétone,
- quelques esters (acétates et propionates) et quelques acrylates (pas tous)
- l'ETBE (ethyltertiobutyléther)
- le styrène et l'éthylbenzène (très rares produits pétroliers concernés car la plupart sont classés dangereux pour l'environnement)

4.2 De par l'hydrogéologie

Les sites disposant d'une hydrogéologie favorable sont également dispensés d'étanchéité. Les critères devant être réunis simultanément sont les suivants :

- étude hydrogéologique réalisée par un organisme compétent et indépendant (de l'exploitant)
 - la notion de "compétence" sera jugée localement (il n'y a pas pour l'instant d'agrément particulier)
 - par contre l'étude ne peut être effectuée directement par l'exploitant (indépendance)
 - la forme et le contenu de l'étude ne sont pas précisés. Il est souhaitable que les conclusions de l'étude soient claires. Voir le paragraphe ci-dessous.
- absence de voie de transfert vers une nappe exploitée ou susceptible d'être exploitée, pour des usages agricoles ou en eau potable.
 - soit parce qu'il n'y a pas de voie de transfert (couche naturellement étanche, confinement de nappe)
 - soit parce qu'il n'y a pas de cible (pas de nappe, nappe d'eau saumâtre, nappe non exploitable)⁴
- pas de toxicité aiguë, ni de toxicité pour l'environnement (hors environnement aquatique). A noter que le ministère a également rajouté les 2 phrases de risque liées à la toxicité pour la reproduction (R60-61). Les phrases de risques ou mentions de dangers citées sont :
 - R23, R26, R39, R54, R56, R58, R60, R61 ou par une de leur combinaison,
 - H330, H331, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H370 ou par une de leur combinaison

⁴ L'usage "agricole" recouvre l'arrosage des cultures, l'élevage. Il ne couvre pas la pisciculture, ni la conchyliculture (pour lesquelles on n'utilise normalement pas d'eau de nappe)

L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE VISEE

Le but de cette étude (synthèse hydro) est de caractériser la vulnérabilité des eaux souterraines, la définition de la vulnérabilité étant « l'ensemble des caractéristiques d'un aquifère qui détermine la plus ou moins grande facilité d'accès à ce réservoir et de propagation dans celui-ci d'une substance considérée comme indésirable ».

L'étude doit déterminer si cette nappe d'eaux souterraines représente une cible (pompage eau potable/agricole/alimentation du bétail ...) ou un vecteur de transfert d'un polluant vers d'autres cibles (rivière sur laquelle s'exercent des activités nautiques/baignades ou captage d'eau potable).

L'étude n'est pas par contre une étude de risque (pas de prise en compte de la toxicité des produits) puisque le filtre sur les risques produits est déjà appliqué par la sélection de phrases de risques dans le libellé de l'arrêté.

5 EXEMPLES D'APPLICATION / DETAIL DU CALCUL

5.1 Cuvette béton

Une dalle béton en bon état général⁵ a généralement une vitesse d'infiltration à l'eau inférieure à 10^{-7} m/s.

Rien ne justifie des mesures systématiques sur le béton. Ceci doit rester exceptionnel, par exemple en cas de dégradation notable du béton.

Il n'est pas nécessaire de chercher à recalculer la perméabilité K du béton, exercice difficile compte tenu de sa très faible porosité. Le plus simple est d'utiliser directement la vitesse d'infiltration donnée par la norme pour une charge en eau donnée puis de corriger pour obtenir la vitesse dans les conditions données :

$$V_{\text{infiltration}} = V_{\text{mesurée}} \frac{H_{\text{mesure}}}{H_{\text{réel}}} \frac{v_{\text{eau à } 20^{\circ}}}{v_{\text{fluide à } 20^{\circ}\text{C}}}$$

Rappel : on utilise la viscosité cinématique

La hauteur en charge (H) sera la hauteur de liquide dans la cuvette correspondant à la perte de confinement d'un réservoir.

5.2 Cuvette en matériaux meubles

APPROCHE EN REGIME STABILISE (LOI DE DARCY)

Come présenté au chapitre 2.2, la vitesse d'infiltration est fonction :

- de la charge hydraulique au dessus du sol (H)
- de l'épaisseur de la couche infiltrée (h)
- de la perméabilité du milieu (K) qui dépend du fluide considéré

$$V_{\text{infiltration}} = K_{\text{fluide}} \frac{H + h}{h} \quad \text{Equation 1}$$

La charge hydraulique au dessus du sol ou hauteur en charge (H) sera la hauteur de liquide dans la cuvette correspondant à la perte de confinement d'un réservoir (donc une valeur inférieure ou égale à la hauteur de débordement).

H+h constitue la charge hydraulique totale.

Cette formule est toutefois majorante, puisqu'elle considère une charge hydraulique constante (la cuvette reste pleine). On peut affiner le calcul en retirant de la hauteur H_0 initiale la quantité de liquide qui s'est infiltrée dans le sol pour saturer l'épaisseur h. On prend donc $H = H_0 - \omega h$, ou H_0 est la hauteur correspondant à la perte de confinement et ω la porosité.

La vitesse de pénétration est $V_{\text{pénétration}} = V_{\text{infiltration}} / \omega$

⁵ Voir notamment le plan de surveillance demandé dans le cadre du plan de modernisation des installations industrielles.

Et K_{fluide} s'obtient par :

$$K_{\text{fluide}} = K_{\text{eau à } 20^\circ} \frac{V_{\text{eau à } 20^\circ}}{V_{\text{fluide à } 20^\circ C}}$$

Par substitution on obtient :

$$V_{\text{pénétration}} = K_{\text{eau à } 20^\circ} \frac{v_{\text{eau à } 20^\circ}}{v_{\text{fluide à } 20^\circ C}} \frac{H_0 - \omega h + h}{h} \frac{1}{\omega} \quad \text{Equation 2}$$

$V_{\text{pénétration}}$ est fonction de

- de la charge hydraulique initiale (H_0)
- de l'épaisseur de la couche infiltrée (h)
- de la perméabilité à l'eau du milieu (K_{eau})
- de la porosité du milieu (ω)

$H_0 - \omega h + h$ constitue la charge hydraulique totale en tenant compte de la quantité infiltrée. Les viscosités utilisées sont des viscosités cinématiques.

Le rapport h/V recherché est donc :

$$\frac{h}{V_{\text{pénétration}}} = \frac{1}{K_{\text{eau à } 20^\circ}} \frac{v_{\text{fluide à } 20^\circ C}}{v_{\text{eau à } 20^\circ}} \frac{h^2 \omega}{H_0 - \omega h + h} \quad \text{Equation 3}$$

K_{eau} est donné par la norme ou en se basant sur des valeurs tabulées.

H est fixé par le texte réglementaire à 0.5 m car c'est l'épaisseur de la couche d'étanchéité prise en compte.

H_0 sera la hauteur de liquide initialement présente dans la cuvette correspondant à la perte de confinement d'un réservoir.

ω pourra être pris à 0.25 si la donnée n'est pas disponible (voir tableau joint).

Toutefois la vitesse obtenue est une vitesse de pénétration instantanée au moment où la pénétration atteint 50 cm. Ce n'est pas une donnée très pertinente en termes d'hydrogéologie.

Nous recommandons donc l'approche "non saturée / infiltration progressive" développée ci-après.

INFILTRATION EN MILIEU NON SATURE / INFILTRATION PROGRESSIVE

Lorsque le milieu n'est pas saturé, la vitesse de pénétration est plus importante en raison de la plus grande facilité du liquide à remplir les vides du sol correspondant à sa porosité.

En référence aux travaux développés par D .Guyonnet du BRGM et sa publication dans la revue *Ground Water* de mai-juin 2000 intitulée « *Analysis of Transient Data from Infiltrometer Tests in Fine-Grained Soils* » nous retiendrons la formule définie ci-dessous pour les calculs des temps de transfert à charge variable pour un milieu non saturé, car c'est le cas le plus fréquemment rencontré. Cette formule est par ailleurs reprise dans la norme AFNOR X 30-420 annexe B de 2007. La formule donne le temps nécessaire pour infiltrer une certaine hauteur de liquide.

$$t = \frac{H_0 - H(t)}{K_{\text{fluide}} (1 - \omega)} - \frac{\omega H_0}{K_{\text{fluide}} (1 - \omega)^2} \times \ln \left[\frac{(1 - \omega) (H_0 - H(t))}{\omega H_0} + 1 \right] \quad \text{Equation 4}$$

t est le temps d'infiltration en secondes

H₀ est la hauteur initiale dans la cuvette (en m)

H(t) est la hauteur restante dans la cuvette

K_{fluide} est la perméabilité pour le fluide considéré (en m/s)

ω est la porosité

La profondeur infiltrée h(t) est [H₀ - H(t)] / ω. De même $K_{\text{fluide}} = K_{\text{eau à } 20^\circ} \frac{V_{\text{eau à } 20^\circ}}{V_{\text{fluide à } 20^\circ}}$

On peut donc facilement modifier l'équation 4 :

$$t = \frac{\omega h(t)}{K_{\text{eau}} \frac{V_{\text{eau}}}{V_{\text{fluide}}} (1 - \omega)} - \frac{\omega H_0}{K_{\text{eau}} \frac{V_{\text{eau}}}{V_{\text{fluide}}} (1 - \omega)^2} \times \ln \left[\frac{(1 - \omega) h(t)}{H_0} + 1 \right] \quad \text{Equation 5}$$

t est le temps de transfert pour atteindre la profondeur désirée (en l'occurrence h(t) = 50 cm). Cela correspond à un h/V moyen, qui est le paramètre pertinent conforme à l'esprit de l'arrêté. La valeur est légèrement inférieure au h/V calculé avec une vitesse instantanée, ce qui va dans le sens de la sécurité. Compte tenu de l'incertitude sur les perméabilités, qui s'évaluent en puissance de 10, il n'y a pas d'enjeu réel entre les équations 3 et 5 (qui est l'équation recommandée).

5.2.1 EXEMPLE D'UNE CUVETTE EN MATERIAUX MEUBLES EN REGIME PERMANENT (SANS POMPAGE)

$K_{\text{eau}} = 10^{-7}$ (limon argileux) Produit fuel domestique : viscosité 12 cst

$h = 0.5$ m par définition $H_0 = 1$ m (pour cet exemple) $\omega = 0.25$

$t = 838$ h (≈ 35 jours). Cela veut dire, en première approche que le produit mettra 35 jours à pénétrer de 50 cm, ce qui laisse très largement le temps d'intervenir.

Le critère d'étanchéité est satisfait ($h/v \approx t > 500$ h ≈ 21 j).

Il ne le serait pas :

- avec de l'essence (viscosité 0.75 cst) : $t = 52$ heures
- ni avec du jet fuel (viscosité 2 cst) : $t = 110$ heures

5.2.2 EXEMPLE D'UNE CUVETTE EN MATERIAUX MEUBLES AVEC REPRISE DE PRODUIT

En reprenant le cas précédent avec du jet fuel : $t = 110$ heures (calculé sans reprise), le critère d'étanchéité est également satisfait **si le produit peut être entièrement repris en moins de 110 heures.**

Le scénario à prendre en compte est la perte de confinement d'un réservoir. Ceci suppose de pouvoir disposer des capacités de reprise nécessaires (mobilisables suffisamment rapidement).

Par contre le critère ne serait pas satisfait avec de l'essence ($t = 52$ heures) quelles que soient les capacités de reprise du site, car un talon minimum de sécurité de 100 heures est exigé.

5.2.3 CAS PARTICULIERS

S'il n'y a pas assez de produit pour imprégner 50 cm, le critère est satisfait (la vitesse à 50 cm est nulle et donc h/V est infini).

Il est de même satisfait si la capacité de repompage permet de ne pas atteindre les 50 cm.

5.2.4 COMBINAISON DE DEUX COUCHES D'ETANCHEITE DE PERFORMANCES DIFFERENTES

Le cas peut se présenter avec des systèmes d'étanchéité de type bitume + terre ou toute autre combinaison. Dans ce cas là il faut calculer un K moyen et une porosité moyenne avec les formules suivantes :

$$K_{\text{eau moyen}} = \frac{(e_1 + e_2)}{\left(\frac{e_1}{K_1} + \frac{e_2}{K_2}\right)}, \text{ Porosité moyenne : } \omega_{\text{moyen}} = \frac{e_1 \omega_1 + e_2 \omega_2}{e_1 + e_2}$$

e_1 et e_2 étant respectivement les deux épaisseurs, K_1 et K_2 les deux coefficients de perméabilité à l'eau et ω_1 et ω_2 les deux porosités.

6 RESTE DE LA PRESCRIPTION

TEXTE DE L'ARRETE

L'exploitant s'assure dans le temps de la pérennité de ce dispositif.

L'étanchéité ne doit notamment pas être compromise par les produits pouvant être recueillis, par un éventuel incendie ou par les éventuelles agressions physiques liées à l'exploitation courante.

COMMENTAIRES

Première phrase : voir le plan de modernisation des installations industrielles qui prévoit un plan de surveillance des cuvettes.

Deuxième phrase : on vise plus particulièrement les membranes (les autres matériaux, ne risquant normalement pas l'endommagement). Il est d'usage de recouvrir une membrane au sol d'un peu de terre, ce qui a pour effet de la protéger en cas de feu. Ces prescriptions ne font pas obstacle à l'utilisation de géomembranes sur des merlons, la pénétration latérale du liquide dans un merlon n'étant pas source de pollution significative.