

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 05.08.11.

③0 Priorité : 24.08.10 MG 2010024.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.03.12 Bulletin 12/09.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SUNTHESIS Société à responsabilité
limitée — MG.

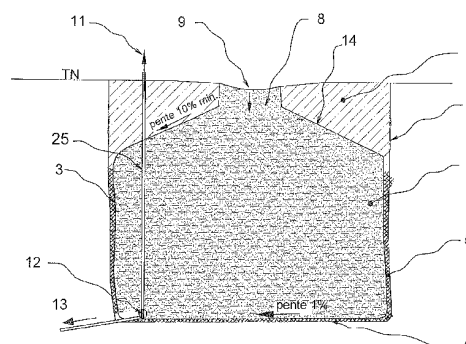
⑦2 Inventeur(s) : LABROSSE THIERRY.

⑦3 Titulaire(s) : SUNTHESIS Société à responsabilité
limitée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET SCHMIT CHRETIEN.

⑤4 PROCÉDE DE CONSTRUCTION DE RESERVOIR ET RESERVOIR DE STOCKAGE.

⑤7 Procédé de construction d'un réservoir pour le stocka-
ge d'un liquide comportant les étapes de:
poser une membrane (3) adaptée à former une poche
étanche après dépliage sur une surface formant un fond du
réservoir,
comblar simultanément l'intérieur (4) et l'extérieur (5) de
la membrane avec une charge solide granulaire en dépliant
progressivement les côtés de la poche pour réaliser les cô-
tés du réservoir et réservoir de type enterré ou partiellement
enterré ou en terte caractérisé en ce qu'il comporte une
membrane (3) et une charge solide interne et externe au ré-
servoir.



PROCEDE DE CONSTRUCTION DE RESERVOIR ET RESERVOIR DE STOCKAGE

La présente invention se rapporte à une technique de construction d'un réservoir enterré, partiellement enterré ou en tertre pour le stockage de liquides et notamment de l'eau.

Il existe des réservoirs classiques métalliques ou en matière plastique
5 préfabriqués et enterrés ou superficiels. Ces réservoirs disposent d'une structure rigide mais présentent l'inconvénient d'être sensibles aux intempéries, flottantes en cas d'inondation, coûteux et fragiles à l'écrasement et, surtout pour les réservoirs superficiels, de pouvoir être vandalisés.

Par ailleurs, il existe des réservoirs souterrains de très grande capacité
10 constitués par des excavations naturelles ou creusées dont les parois sont rendues imperméables, soit par cimentation et revêtement d'asphalte, soit par revêtement de nappes de matières plastiques avec un système de remplissage et de pompage approprié généralement destinés aux liquides notamment les liquides volatils et les liquides non encore dégazés tels que les hydrocarbures
15 et produits pétroliers. Généralement, ces systèmes disposent d'une structure solide mais présentent des coûts de revient élevé qui renchérissent le coût des produits stockés notamment s'il s'agit du stockage de l'eau de consommation.

La présente invention a pour objectif de réaliser un réservoir résistant aux intempéries et moins susceptible de subir des dégradations.

Pour ce faire la présente invention propose en premier lieu un procédé de construction d'un réservoir pour le stockage d'un liquide caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de:

- 5 poser une membrane adaptée à former une poche étanche après
dépliage sur une surface formant un fond du réservoir,
comblant simultanément l'intérieur et l'extérieur de la membrane avec
une charge solide granulaire en dépliant progressivement les côtés de la poche
pour réaliser les côtés du réservoir.

- 10 Avantageusement le procédé comporte une étape de fermeture partielle
de la partie haute de la membrane par un toit de manière à former un plan
incliné et un évent et/ou une cheminée permettant l'entrée de l'eau, la sortie ou
l'entrée d'air.

- 15 Préférentiellement le procédé comporte une étape de couverture du
réservoir ainsi formé par du remblai sur une couche plus ou moins épaisse
suivant la résistance au trafic de surface que l'on souhaite obtenir.

Préférentiellement le procédé comporte une étape de pose d'une crépine et
d'un tube de puisage avant remplissage de la membrane.

- 20 Le réservoir étant un réservoir enterré ou semi enterré, le procédé
comporte avantageusement préalablement à la pose de la membrane une
étape de creusement d'une fouille, la pose de la membrane se faisant sur le
fond de la fouille.

- 25 Selon un mode de réalisation particulier, la membrane aplatie est une
membrane sans soudures réalisée à partir d'un film plan le procédé comportant
une étape préalable de pliage de la membrane pour former un fond et des côtés
étanches en dépliant progressivement les côtés de la membrane.

- 30 Avantageusement, avant la pose de la membrane sur le fond, on pose
un matériau géotextile adapté à protéger la membrane contre les objets durs
(tels que roches, racines), les mouvements du sol ou les agressions d'animaux
ou d'insectes ou de micro-organismes qui pourraient perforer ou dégrader la
membrane.

L'invention propose en outre un réservoir de type enterré ou partiellement enterré ou en terre caractérisé en ce qu'il comporte une membrane et une charge solide interne et externe au réservoir.

Avantageusement, la membrane est formée soit de plusieurs couches de membranes installées ensemble pour former une enveloppe multicouche étanche, soit d'une seule membrane étanche composée de plusieurs couches synthétiques de différents polymères similaires aux films utilisés dans l'industrie de l'emballage appelés film multicouche.

En alternative, la membrane est une membrane monocouche.

Selon un mode de réalisation particulier, la membrane est confectionnée en utilisant plusieurs plaques, feuilles ou films soudés entre eux ou collés avec des colles ou avec des bandes adhésives, de manière à réaliser une enveloppe aux formes exactes du réservoir.

Le matériau de la membrane est avantageusement choisi parmi les matériaux composites, polymères, métaux, alliages métalliques, produits naturels étanches ou semi-synthétiques associant un produit naturel et un produit synthétique.

Selon un mode de réalisation particulier, la membrane comporte un doublage externe par un matériau géotextile ou autre équipement adapté à apporter une protection mécanique de la membrane ou de l'enveloppe.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la charge solide est du sable.

Selon un mode de réalisation alternatif ou complémentaire, la charge solide comprend des granulats tels que seul ou en association billes de verre, graviers volcaniques ou poreux tels que pierre ponce, mâchefer, gravier de quartz.

Selon un mode de réalisation particulier, le réservoir comporte une ou plusieurs membranes ou enveloppes supplémentaires de confinement comportant un ou plusieurs matériaux complémentaires.

Avantageusement, le réservoir comporte une ou plusieurs pompes de récupération permettant d'évacuer les fuites de liquide ou de gaz associées à

un ou plusieurs capteurs de mesure amovibles ou fixes de surveillance desdites fuites.

Avantageusement, la capacité en liquide stocké est entre 15 et 80% du volume du réservoir.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront apparents à la lecture de la description qui suit d'exemples non limitatifs de réalisation de réservoirs selon l'invention accompagnée des dessins qui représentent:

en figure 1: une vue schématique d'une fouille adaptée à un réservoir de l'invention,

10 en figure 2: une vue en coupe d'un réservoir suivant l'invention;

en figure 3: représente une vue en perspective de la géomembrane remplie d'un réservoir suivant l'invention;

aux figures 4A à 4C: des vues en coupe de trois modes de réalisation d'un réservoir selon l'invention;

15 aux figures 5A et 5B: des vues en coupe d'un réservoir de l'invention dans une première configuration respectivement en utilisation et submergé;

en figure 5C: une vue en coupe d'un réservoir de l'invention dans une seconde configuration;

20 aux figures 6A à 6C: des vues en coupe de variantes de réservoirs selon l'invention;

en figure 7: une vue en perspective et en transparence d'un exemple d'un perfectionnement de l'invention;

25 Pour réaliser le réservoir de l'invention, la première opération consiste à creuser une fouille 1, selon la figure 1, aux dimensions théoriques du réservoir définies par l'étude. On place ensuite une membrane 3 de type géomembrane dans la fouille et on remplit en même temps l'intérieur et l'extérieur avec une charge solide telle que du sable 4 ou des granulats.

La géomembrane est conformée en poche comprenant un fond et des parois, le fond et les parois étant réalisés de manière étanche.

30 La géomembrane réalise une poche étanche permettant de conserver l'eau sans fuite.

Selon la figure 2, le réservoir comporte un toit 14 qui ferme partiellement en partie haute la géomembrane de manière à former un plan incliné en pente et un évent ou cheminée 8 permettant l'entrée de l'eau 9 et une sortie ou entrée d'air et on recouvre ensuite le réservoir ainsi formé par du remblai 2 sur une
5 couche plus ou moins épaisse suivant la tenue au trafic de surface auquel on souhaite résister ou l'utilisation que l'on souhaite faire de la surface située au dessus du réservoir de l'invention qui peut être réutilisée comme parking, jardin, route.

Le réservoir est équipé d'un évent ou cheminée 8 permettant l'entrée et
10 la sortie de l'air nécessaire au remplissage et à la vidange du réservoir. La récupération du liquide présent dans le réservoir peut s'effectuer par un réseau gravitaire 13 lorsque le réservoir est situé en hauteur par rapport au point de captage ou par une pompe 11 associée à un puits installé de préférence pendant le remplissage du sable 4.

15 Selon l'invention, les espaces libres entre les grains du sable constituent le volume utile réel du réservoir et correspondent à un pourcentage approximatif de 40% du volume total mais variable suivant la grosseur et la qualité des grains de sable ou granulats 4 sélectionnés pour remplir la poche du réservoir.

20 Malgré le fait que le réservoir soit plein de sable et malgré les phénomènes de capillarité, on peut récupérer par pompage ou par écoulement gravitaire une quantité d'eau approximative de 15 à 80% du volume total suivant le type de sable ou de granulats utilisés.

Des sables fins donnent une quantité d'eau récupérable de l'ordre de 20
25 à 26%. Avec du gravier de diamètre 20 mm (15/25) on obtient 38% d'eau disponible. En utilisant des graviers volcaniques ou poreux (pierre ponce, mâchefer,...) il est envisagé d'obtenir un pourcentage supérieur à 60%. Avec des sables ou graviers poreux (volcanique) on peut estimer que les volumes maximums d'eaux disponibles au pompage soient proches de 72%.

30 Le réservoir de l'invention n'a pas de limite dimensionnelle ni en largeur ni en hauteur ni en profondeur mais pour faciliter la compréhension de ces avantages et des proportions à prendre en compte, nous décrivons ci-dessous

le cas d'un réservoir ayant un volume total de 1000 m^3 . Un réservoir de 1000 m^3 ($5 \times 10 \times 20 \text{ m}$) entièrement rempli de 1000 m^3 de sable permet de stocker dans le sable environ 400 m^3 d'eau, et environ 250 m^3 de cette eau seront disponibles au pompage ou à l'écoulement gravitaire.

- 5 La forme théoriquement parfaite d'un réservoir sera la sphère mais sa réalisation est complexe. La forme la plus fonctionnelle reste le cube ou le parallélépipède (cube/rectangle) qui est une forme plus facile à fabriquer et est utilisée pour les figures.

- 10 Le réservoir est réalisé à partir d'une membrane 3 en matériau synthétique qui forme l'enveloppe ou la poche étanche du réservoir. Cette enveloppe pourrait être réalisée soit par plusieurs couches de membranes installées ensemble pour former une enveloppe multicouche, soit par une seule membrane composée de plusieurs couches synthétiques de différents polymères similaires aux films utilisés dans l'industrie de l'emballage appelés
- 15 film multicouche, de manière à apporter les qualités physico-chimiques de plusieurs plastiques, telles que inertie chimique, barrière oxygène, écran métallique, protection à la perforation, etc,... améliorant la résistance générale de l'enveloppe et permettant aussi de réduire l'épaisseur totale de l'enveloppe, et donc le coût de fabrication.

- 20 La membrane ou géomembrane peut aussi être une membrane monocouche polymère.

Selon la figure 3, le réservoir est fabriqué à partir d'une membrane en matériau synthétique d'une seule largeur pliée comme un emballage de colis, de manière à obtenir la forme recherchée sans découpe ni soudure.

- 25 Le pliage 30 crée des surfaces perdues et augmente donc le coût mais il permet une installation rapide sans équipement ni soudure ni collage.

- Le pliage réalise un fond et quatre côtés étanches, le pliage 30 se faisant par exemple sur des petits côtés du réservoir rectangulaire pour réaliser une sorte de boîte sans couvercle formant une poche étanche en utilisant des rabats repliés sur les petits côtés. Ce mode de réalisation a l'avantage de ne
- 30 nécessiter aucun outil et d'utiliser une membrane livrée sous forme d'une simple feuille rectangulaire.

On peut aussi confectionner la membrane en utilisant plusieurs plaques, feuilles ou films soudés entre eux ou collés avec des colles ou avec des bandes adhésives, de manière à réaliser une enveloppe aux formes exactes du réservoir étudié réduisant les pertes dues au pliage.

5 Les membranes sont réalisées habituellement en matières synthétiques, de type polymère comme le polyéthylène, le PVC, le polypropylène ou en élastomère. Toutefois, on peut aussi utiliser de films ou feuilles ou plaques en composite, métal, alliage métallique, produit naturel étanche ou semi-synthétique associant un produit naturel et un produit synthétique pour fabriquer
10 la membrane ou l'enveloppe étanche du réservoir. La membrane du réservoir est fragile et peut être déchirée à la pose ou après. Par conséquent, on peut utiliser un géotextile ou autre équipement pour apporter et obtenir une meilleure protection mécanique de la membrane ou de l'enveloppe. Afin de protéger la membrane du réservoir, on peut installer un géotextile à l'extérieur de
15 l'enveloppe pour la protéger contre les objets durs, tels que roches, racines qui pourraient perforer l'enveloppe, soit au moment de la pose, soit plus tard consécutif au développement des racines, aux mouvements du sol ou aux agressions d'animaux ou d'insectes ou de micro-organismes qui pourraient perforer ou dégrader l'enveloppe.

20 Afin de protéger la membrane, on peut aussi installer un géotextile ou un film de protection contenant des agents chimiques actifs, de type répulsif ou insecticide ou bactéricide ou autre, à l'extérieur de l'enveloppe pour la protéger contre les agressions d'animaux, d'insectes ou de micro-organismes qui pourraient perforées l'enveloppe à court ou moyen ou long terme.

25 Le réservoir est initialement prévu pour stocker de l'eau dans des régions sèches disposant de sable ce qui permet de réutiliser le sable ayant été extrait pour réaliser la fouille dans laquelle on place la membrane.

Toutefois, on peut aussi utiliser ce réservoir pour le stockage d'autres liquides, tels que hydrocarbures, solvant, produits chimiques, déchets liquides
30 et même des gaz moyennant une membrane ou enveloppe et des orifices de remplissage et de vidange adaptés aux pressions et aux contraintes thermiques, physiques et chimiques du produit stocké.

Plus la pression intérieure générée par les gaz du produit stocké sera forte, plus profond le réservoir devra être installé, de manière à annuler les pressions sur l'enveloppe par le poids du remblai situé au dessus.

Le réservoir est habituellement rempli de sable qui convient au stockage d'eau. Cependant, comme vu précédemment, le sable peut être remplacé ou associé à par d'autres granulats ou matériaux de remplissage.

Dans le cas d'autre liquide, le sable peut présenter des interactions physico-chimiques ou autres indésirables nécessitant de remplacer le sable par un autre granulat, tel que billes de verre, gravier de quartz ou autre, mieux adapté au liquide ou gaz stocké dans le réservoir ou aux interactions recherchées ou non souhaitées.

Lorsque les fuites du liquide stocké dans le réservoir doivent être impérativement évitées pour une protection de l'environnement ou pour d'autres raisons, on réalise une deuxième ou troisième enveloppe soit interne soit ajoutée autour du réservoir pour réaliser une ou plusieurs membranes ou enveloppes supplémentaires de confinement.

Dans le cas de liquide ou gaz polluant stocké dans un réservoir, on peut installer autour de la première membrane ou enveloppe formant le réservoir une deuxième ou troisième enveloppe de confinement et de rétention avec un ou plusieurs piézomètres suffisamment grand pour installer une pompe de récupération permettant d'évacuer les fuites de liquide ou de gaz et pour permettre d'installer un capteur de mesure amovible ou fixe pour surveiller les fuites éventuelles.

Le réservoir enterré de l'invention est insensible aux agressions extérieures et intempéries et peut donc mieux résister aux tempêtes, cyclones, sécheresse, inondations, vandalisme ou pollutions accidentelles, et son vieillissement est fortement ralenti.

En cas d'inondation, le réservoir se remplira automatiquement par la cheminée d'aération, et l'eau déjà présente dans le réservoir, grâce à la présence de la charge solide, ne se mélangera que très lentement aux eaux venant de l'inondation garantissant une meilleure qualité d'eau dès que le pompage pourra recommencer; ce qui apportera une sécurité sanitaire

inhabituelle en période d'inondation car les puits et les eaux de surface sont très souvent pollués.

Le réservoir peut même être installé directement dans une rivière à condition que le banc de sable sélectionné pour enterrer le réservoir présente de très faibles risques d'érosion hydraulique et de déplacement par les courants de la rivière.

Le réservoir représenté à la figure 4A étant enterré, il est invisible et inaccessible, ce qui réduit le vandalisme, les risques de noyade et de pollution volontaire ou accidentelle par les populations.

L'inaccessibilité du réservoir associée à la présence de la charge solide à l'intérieur réduit aussi fortement les risques de pollution animale provoqués par les rongeurs, serpents, grenouilles, insectes et autres animaux qui ne peuvent plus accéder à l'eau rendue inaccessible par la charge et la profondeur du réservoir.

Dans le cas du sable, l'absence entre les grains de sable d'espaces libres supérieurs à quelques millimètres réduit fortement la prolifération habituelle des faunes et flores contaminant que l'on rencontre habituellement dans les eaux stagnantes et le réservoir réduit donc considérablement les risques de paludisme, choléra, bilharziose et autres maladies liées aux eaux stagnantes.

Les réservoirs semi-enterré ou en tertre des figures 4B et 4C sont aussi des réservoirs protégés bien que plus faciles d'accès en retirant le remblai.

Malgré la nécessité de construire un volume très supérieur aux capacités de stockage récupérables et malgré la perte de volume disponible occupé par la charge, le coût de fabrication et de réalisation du réservoir reste très économique pour les raisons suivantes :

- il ne nécessite aucune construction en maçonnerie ni en béton armé,
- la membrane étanche nécessaire à la confection de l'enveloppe peut être transportée à dos d'homme ou en charrette pour les grands réservoirs,
- tous les travaux peuvent être réalisés sans matériel onéreux ni camion ni engin de terrassement ni groupe électrogène,

- la construction d'un réservoir est adaptée aux techniques HIMO nécessitant une main d'œuvre importante pour le terrassement, le transport et le remplissage de sable.

5 - Les frais d'entretien sont très réduits et se résument au lavage ou remplacement du sable colmaté à l'entrée de la cheminée ou des filtres à sable gravitaires placés avant le réservoir.

10 Les parois d'un réservoir sont soumises habituellement à des pressions intérieures ou extérieures ou combinées, et le liquide situé à l'intérieur d'un réservoir applique sur les parois une pression intérieure proportionnelle à la profondeur du réservoir.

Dans le cas d'un réservoir vide et enterré, le sol et/ou l'eau contenue dans le sol, en cas d'inondation ou de remontée de nappe phréatique, applique une pression extérieure qui peut même soulever le réservoir si ce dernier est vide et léger.

15 Pour le réservoir de l'invention, que le réservoir soit plein ou vide, et quelque soit sa profondeur, le sable situé à l'intérieur et à l'extérieur de la membrane, annule la quasi-totalité des efforts de pressions internes et externes, et l'amplitude des déformations de la membrane ne sera que de quelques dixièmes de millimètres apportant de très faibles contraintes
20 physiques, et donc une grande durée de vie.

L'expérience a montré que de simples poches d'emballage en plastique enterrées pouvaient présenter des durées de vie supérieures à 50 ans malgré une épaisseur de seulement 60 à 80 μ , et les études de vieillissement des tuyaux PVC enterrés ont montré que leurs durées de vie, même sous contrainte
25 hydraulique régulière, pouvaient présenter des durées de vie dépassant les 70 ans. Le soleil ne peut pas dégrader l'enveloppe puisque cette dernière est enterrée, et la fragilité habituelle aux ultraviolets des membranes est fortement réduite.

30 La membrane d'un réservoir n'ayant que de très faibles pressions hydrauliques à supporter et une absence de surpressions accidentelles de type coup de béliet, on peut raisonnablement estimer que la durée de vie d'un

réservoir de l'invention réalisé à partir d'une simple géomembrane polymère résistant à l'humidité dépassera les 50 ans.

Dans les zones présentant d'importants risques de tremblement de terre, le réservoir peut être construit à partir d'une membrane en élastomère souple et élastique apportant une grande résistance aux déchirements pouvant être provoqués par les ondes telluriques des séismes.

Seuls les séismes de très forte amplitude peuvent provoquer des déchirures de la membrane et, même dans ce cas, le réservoir conservera probablement au fond une quantité d'eau disponible non négligeable apportant une réserve d'eau minimum très importante pour la survie des populations après ce type de catastrophe qui détruit habituellement toutes les réserves d'eau potable.

Dans les zones présentant des risques de tsunami, le réservoir peut être enterré plus profondément, et sa masse associée à l'eau douce déjà présente dans le réservoir lui permettra de conserver une réserve d'eau potable même si le tsunami arrache toute la partie haute du réservoir.

Une telle situation est représentée à la figure 5B dans le cas d'un réservoir avec cheminée 8 et filtre à sable 16 d'entrée d'eau.

La partie basse restera étanche, et l'eau douce présente dans le réservoir ne se mélangera que très lentement avec l'eau de mer apportée par le tsunami qui ne restera que quelques heures au-dessus du réservoir, ce qui limitera le mélange eau de mer/eau douce.

Une surface d'eau libre, telle que lac, étang, rivière, impluvium perd par évaporation une quantité importante d'eau qui, par temps sec, chaud et venteux, peut être supérieure à 2 cm par jour et provoquée en quelques mois l'assèchement complet du réservoir d'eau. Même lorsque l'eau est dans le sol, l'évaporation est certes réduite mais non négligeable, et on parle d'évapotranspiration. Le réservoir est similaire à une nappe d'eau incorporée dans le sol mais son évapotranspiration ne pourra se faire qu'à travers la cheminée d'aération appelée aussi évent et sera donc fortement limitée par la membrane qui referme en grande partie le réservoir en partie haute.

Ceci permet d'apporter au système réservoir une forte réduction des pertes d'eau provoquées par l'évaporation ou l'évapotranspiration en comparaison de tous les autres systèmes habituels de stockage que sont les impluviums à ciel ouvert ou/et les réservoirs enterrés et/ou fermés qui perdent
5 par évaporation beaucoup d'eau par temps sec, chaud et venteux et qui peuvent même être entièrement asséchés au cours des grandes périodes de sécheresse.

L'eau qui est incorporée dans le réservoir passe obligatoirement à travers le sable contenu dans le réservoir, et elle est donc automatiquement
10 filtrée par les grains de sable avec la même efficacité qu'un filtre à sable.

Ceci est perfectionné pour l'exemple de la figure 5A pour lequel le filtre à sable 16 disposé sous une légère cuvette recueillant les eaux de ruissellement préfiltre l'eau destinée à remplir le réservoir, la cheminée 8 disposée plus en hauteur ne recevant pas d'eau de ruissellement.

15 La présence d'un support minéral, tel que le sable, associé à l'eau facilite la prolifération des micro-organismes épurateurs naturels habituellement nommés bactéries banales non pathogènes qui participent à la filtration de l'eau. Sans être comparable aux performances d'un filtre à sable lent, procédé agréé par l'OMS, le réservoir, grâce à la présence du sable, améliorera la
20 qualité de l'eau par filtration de l'eau et aussi grâce aux micro-organismes qui se fixeront naturellement sur la sable et qui déclencheront un processus de filtration biologique qui améliorera la qualité des eaux stockées.

Grâce aux très faibles pertes d'eau par évaporation et à la très forte réduction des risques de prolifération de micro-organismes pathogènes, le
25 réservoir permet de conserver des eaux stagnantes pendant plusieurs mois, voire plusieurs années.

Dans le cas où les eaux à incorporer au réservoir sont polluées et chargées de sédiments ou de polluants colmatants, on peut au préalable filtrer en amont l'eau avant de remplir le réservoir. Si les eaux polluées ne sont pas
30 filtrées, le réservoir se colmatra progressivement au niveau de l'évent ou cheminée qui peut servir d'entrée d'eau ou au niveau d'une entrée d'eau spécifique.

Lorsque le réservoir est colmaté, il suffit de déterrer le remblai autour de l'évent ou cheminée ou de l'entrée d'eau spécifique, d'ouvrir le dessus de la membrane, de changer ou laver ou sécher et nettoyer la couche de sable colmatée par les sédiments apportés par les eaux brutes sur une profondeur
5 approximative de 100 cm, de remettre une couche de sable neuve ou lavée ou nettoyée et de refermer la membrane et de remettre le remblai dessus.

Comme vu plus haut, le réservoir peut être utilisé pour stocker d'autres liquides, des hydrocarbures, dissolvants, des liquides inflammables et même du gaz moyennant une membrane ou enveloppe avec des entrées et sorties
10 adaptées aux liquides ou aux gaz stockés.

En cas d'incendie, la présence du sable ou des billes de verre ou autres granulats adaptés aux liquides inflammables réduira les risques d'explosion et facilitera le travail des pompiers pour éteindre le feu. Même en cas d'incendie, la majorité de l'enveloppe du réservoir restera intacte puisque l'incendie sera
15 confiné à la surface et les coûts de remise en état après l'incendie seront réduits et plus rapides.

Les figures 4A à 4C représentent trois modes de réalisation d'un réservoir selon l'invention.

En figure 4A, le réservoir est un réservoir enterré et la couche externe de sable 5 sur les côtés et 6 sous la membrane est une couche tampon entre la
20 membrane 3 et le terrain dans lequel est creusée la fouille recevant le réservoir.

L'intérieur du réservoir est rempli d'une charge 4 ici du sable.

Le remblai 2 est disposé entre le toit 14 du réservoir et le niveau du sol pour combler la fouille au dessus du réservoir.

25 La cheminée 8 remonte au travers du remblai pour réaliser une entrée d'eau et une zone d'entrée sortie d'air.

Selon la figure 4B, le réservoir est un réservoir semi enterré.

La partie inférieure du réservoir est disposée dans une fouille restreinte, l'interstice entre les parois de la fouille et la membrane étant ici aussi comblé
30 par du sable 5.

Par contre le réservoir dépasse de la fouille et le remblai 15 recouvre la partie supérieure et le haut des côtés du réservoir.

Le remblai peut comporter une couche de sable contre la membrane, cette couche de sable étant recouverte par le remblai issu du creusement de la fouille.

L'exemple de la figure 4C est un réservoir réalisé sous un tertre pour lequel le remblai 15 est confondu avec la charge utilisée pour combler l'extérieur du réservoir.

Le tertre recouvre dans ce cas les côtés et le toit du réservoir et la cheminée 8 dépasse du sommet du réservoir et affleure le sommet du tertre.

Le réservoir représenté aux figures 5A et 5B comporte un dispositif d'entrée d'eau 16 séparé de la cheminée 8 d'aération du réservoir.

Ce dispositif d'entrée d'eau est réalisé dans une dépression 17 permettant aux eaux de ruissellement de remplir le réservoir.

Le dispositif 16 comporte un filtre à sable 18 lavable et un tuyau d'amenée d'eau 19, relié au filtre à sable 18 et pourvu de multiples ouvertures distribuant l'eau dans le réservoir.

Le filtre à sable est dans le cas de la figure 6A un bac à parois béton rempli d'une couche de gravier en fond de bac et d'une couche de sable en partie supérieure du bac.

Entre le sable et le gravier est disposée une géo-barrière retenant le sable.

Le bac pour réaliser le filtre à sable au sol est avantageusement d'une hauteur de l'ordre de 0,5 à 1m d'une longueur de 1 à 10m en fonction des dimensions du réservoir à alimenter et d'une largeur en partie haute de 1 à 1,5m.

L'amenée des eaux de ruissellement peut se faire au moyen d'un canal d'amenée.

La figure 5B représente le réservoir de la figure 5A submergé par exemple dans le cas d'un Tsunami, ou d'inondation due à une rivière.

Dans un tel cas, la cheminée et le filtre à sable sont recouverts d'eau et forment des entrées d'eau E.

Les échanges avec l'intérieur du réservoir sont toutefois rendus difficiles du fait que le sable forme un mur poreux réduisant très fortement les échanges

entre les éventuels liquides de surface, eaux de mer, eaux boueuses de rivière et le liquide d'eau filtrée présent à l'intérieur du réservoir, ce qui ralentit la contamination de l'eau du réservoir par l'eau recouvrant le sol.

Si le réservoir est à moitié plein, l'eau d'un tsunami ou d'une inondation
5 rentrera petit à petit dans le réservoir et occupera l'espace vide du réservoir, l'air s'échappant petit à petit sous forme de petites bulles à travers la cheminée.

C'est donc surtout la présence de sable qui bloque les turbulences entre les liquides de surface et le liquide dans le réservoir.

La présence du sable empêchera le mélange des liquides venant de la
10 surface et du liquide interne au réservoir.

Par exemple, si le réservoir est seulement rempli à moitié et qu'une inondation en surface survient, le réservoir va se remplir petit à petit par la cheminée et par le filtre.

Si les eaux sont boueuses, la cheminée va se colmater petit à petit, et
15 l'eau rentrant dans le réservoir sera quand même filtrée.

Si nous étions dans un réservoir ouvert et sans sable, l'eau salée irait rapidement dans le fond du réservoir du fait de sa densité et se mélangerait vite à l'eau douce.

Le réservoir de la présente invention permet donc en cas de tsunami de
20 maintenir une poche d'eau douce de sécurité pendant plusieurs jours apportant une garantie de disponibilité d'eau douce.

Il est en outre très probable, qu'en cas de tsunami, l'eau de mer ne puissent même pas rentrer par la cheminée car elles sont en général très boueuses, et elle va immédiatement colmater la cheminée réduisant fortement
25 les risques d'infiltration dans le réservoir.

Une fois que l'eau se sera retirée, il suffira de nettoyer le filtre à sable 18 et/ou la cheminée 8 ou de changer le sable qu'ils contiennent pour retrouver un fonctionnement normal du réservoir.

La figure 5C est une variante de la figure 5A pour laquelle le toit 14' du
30 réservoir est fermé, la cheminée 8' étant mise en communication avec le sommet du réservoir par un tuyau 20 traversant le toit et dépassant du sol.

Cette configuration permet de remplacer la cheminée du réservoir par un évent pouvant être décalé ce qui permet de réutiliser toute la surface du réservoir comme parking, route, chemin, jardin ou autre.

Selon cet exemple, l'entrée d'eau dans le réservoir est réalisée par un
5 réservoir tampon 21 alimenté par exemple par une descente de gouttière 22, le réservoir tampon 21 étant configuré en filtre à sable et éventuellement à graviers 24 qui alimente le réservoir au travers d'un tuyau d'amenée d'eau 19 à ouvertures multiples.

Pour accroître la longévité du réservoir dans le cas où l'on récupère des
10 eaux de toiture et/ou des eaux de ruissellement il est en effet nécessaire, pour éviter un colmatage trop rapide du réservoir, d'installer avant, un filtre lavable, facile d'accès, filtre à sable gravitaire, qui fixe la quasi-totalité des particules venant des eaux de toiture et protège le réservoir d'un colmatage progressif.

Le réservoir tampon 21 comporte une partie supérieure formant réserve
15 d'eau, une partie intermédiaire comportant du sable 23 et une partie inférieure 24 comportant du gravier.

Une géo-membrane retenant le sable et laissant passer l'eau sépare le sable du gravier.

Une passoire-crépine 28 munie d'une anse est posée sur le sable pour
20 retenir les plus grosses impuretés.

Les dimensions du filtre peuvent être de diamètre 500 à 600mm et d'une hauteur de l'ordre de 1m pour une villa et peut être augmentée pour de plus grands bâtiments.

La figure 6A représente un réservoir de l'invention complet enterré dans
25 une fouille 1, avec sa cheminée 8, un filtre à sable 16 pour l'entrée d'eau, une crépine 12 et un tube de puisage 25 et une pompe 26.

L'exemple de la figure 6B schématise un réservoir comportant en outre une enveloppe de confinement 27, par exemple un géotextile tel qu'un non tissé de type feutrine non étanche renfermant une seconde charge 4' telle que du
30 gravier, de la pouzzolane, du mâchefer, de la pierre ponce qui permettent d'accroître la capacité de rétention d'eau du réservoir, le sable entourant la seconde charge permettant de filtrer l'eau, de bloquer l'accès aux parasites tels

que moustiques ou micro organismes pathogènes et protéger la géomembrane contre les agressions du gravier et notamment le poinçonnement.

L'exemple de la figure 6C est similaire à la figure 6A, le sable étant remplacé par un sable volcanique poreux qui lui aussi accroît la capacité de
5 rétention d'eau du réservoir.

Dans l'ensemble des exemples représentés, le comblement par du sable des deux côtés de la membrane la protège du contact direct avec des objets potentiellement agressifs enterrés et la maintient en place.

La figure 7 représente en perspective et en transparence un exemple un
10 perfectionnement de l'invention consistant à réaliser une recirculation de l'eau dans le réservoir.

La masse de sable contenue dans le réservoir est déjà un système de clarification en lui-même puisque le sable va filtrer les eaux dès leur entrée dans le réservoir en bloquant les matières en suspension sur les premiers
15 centimètres de sable.

La clarification que permet le réservoir de l'invention peut toutefois être améliorée en maintenant une circulation permanente de l'eau contenue dans le réservoir comme représenté en figure 7.

Cette recirculation peut être obtenue à partir d'une pompe manuelle ou
20 électrique 40 de manière à prendre l'eau dans le fond du réservoir et de la réinjecter au dessus par un conduit 41 reliant l'entrée d'eau 42 à la sortie d'eau 43.

une vanne ou clapet 44 bloque la sortie de l'eau 43 et envoie les eaux re-circulées vers l'entrée d'eau 42 pour les renvoyer dans le réservoir par le
25 distributeur 47.

Afin d'éviter que l'eau stagne dans certains recoins ou zones du réservoir et manque d'oxygène la crépine d'aspiration doit garantir une récupération des eaux sur toute la surface du fond et la crépine habituellement réalisée avec un seul tuyau doit être préféablement de forme rectangulaire 46
30 ou en réseau pour garantir une récupération sur toute la surface horizontale du fond.

Le tuyau d'arrivée d'eau situé en haut du réservoir doit lui aussi répartir la distribution de l'eau sur toute la surface du réservoir et sa forme devra permettre d'injecter de l'eau uniformément et non plus en un seul point ou sur une seule ligne comme c'est habituellement le cas pour un réservoir sans recirculation.

Selon l'exemple de la figure 7 on utilise un tube 47 percé de multiples sorties ou un tapis poreux.

L'association d'une recirculation permanente ou intermittente mais régulière de l'eau avec un distributeur en partie haute et une crépine de prise d'eau en partie basse toutes deux uniformément réparties sur un plan horizontale pour éviter la stagnation des eaux dans les zones éloignées des points d'arrivée et de pompage permet l'élimination d'une grande majorité des organismes pathogènes et permet de garantir une meilleure performance de clarification de l'eau rendant possible l'obtention d'une eau potable en ajoutant à la sortie du réservoir un osmoseur inverse.

Si l'osmoseur inverse était installé directement sur les eaux de pluie il se colmaterait en quelques heures seulement et l'installation de filtre à cartouche avant l'osmoseur obligerait à changer les filtres toutes les semaines ou très fréquemment.

L'osmoseur inverse n'est pas le seul système pour potabiliser l'eau et un résultat satisfaisant peut être obtenu avec des membranes de type nanofiltration ou ultrafiltration.

La recirculation des eaux stockées augmente l'amélioration de la clarification et donc apporte une amélioration au réservoir.

L'invention n'est pas limitée aux exemples représentés mais englobe toute variante entrant dans le champ des revendications.

REVENDECATIONS

1. Procédé de construction d'un réservoir pour le stockage d'un liquide caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de:

poser une membrane (3) adaptée à former une poche étanche après dépliage sur une surface formant un fond du réservoir,

5 combler simultanément l'intérieur (4) et l'extérieur (5, 6, 15) de la membrane avec une charge solide granulaire en dépliant progressivement les côtés de la poche pour réaliser les côtés du réservoir.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de fermeture partielle de la partie haute de la membrane par un toit (14) de manière à former un plan incliné (10) et un évent et/ou une cheminée (8) permettant l'entrée de l'eau (9), la sortie ou l'entrée d'air.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il comporte une étape couverture du réservoir ainsi formé par du remblai (2, 15) sur une couche plus ou moins épaisse suivant la résistance au trafic de surface que l'on souhaite obtenir.

4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de pose d'une crépine (12) et d'un tube de puisage avant remplissage de la membrane.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que, le réservoir étant un réservoir enterré ou semi enterré, le procédé comporte préalablement à la pose de la membrane 3 une étape de creusement d'une fouille 1, la pose de la membrane 3 se faisant sur le fond de la fouille 1.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la membrane aplatie est une membrane sans soudures réalisée à partir d'un film plan le procédé comportant une étape préalable de pliage de la membrane pour former un fond et des côtés étanches en dépliant progressivement les côtés de la membrane.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'avant la pose de la membrane sur le fond, on pose un matériau géotextile adapté à protéger la membrane contre les objets durs (tels que roches, racines), les mouvements du sol ou les agressions d'animaux ou d'insectes ou de micro-organismes qui pourraient perforer ou dégrader la membrane.

8. Réservoir de type enterré ou partiellement enterré ou en tertre caractérisé en ce qu'il comporte une membrane (3) et une charge solide interne et externe au réservoir.

10 9 - Réservoir selon la revendication 8 caractérisé en ce que la membrane est soit formée de plusieurs couches de membranes installées ensemble pour former une enveloppe multicouche étanche, soit d'une seule membrane étanche composée de plusieurs couches synthétiques de différents polymères similaires aux films utilisés dans l'industrie de l'emballage appelés film multicouche.

10. Réservoir selon la revendication 8, caractérisé en ce que la membrane est une membrane monocouche.

11. Réservoir selon la revendication 8, caractérisé en ce que la membrane est confectionnée en utilisant plusieurs plaques, feuilles ou films soudés entre eux ou collés avec des colles ou avec des bandes adhésives, de manière à réaliser une enveloppe aux formes exactes du réservoir.

12. Réservoir selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que le matériau de la membrane est choisi parmi les matériaux composites, polymères, métaux, alliages métalliques, produits naturels étanches ou semi-synthétiques associant un produit naturel et un produit synthétique.

13. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que la membrane comporte un doublage externe par un matériau géotextile ou autre équipement adapté à apporter une protection mécanique de la membrane ou de l'enveloppe.

14. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que la charge solide est du sable.

15. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que la charge solide comprend des granulats tels que seul ou en association billes de verre, graviers volcaniques ou poreux tels que pierre ponce, mâchefer, gravier de quartz.

5 16. Réservoir selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que sa capacité en liquide stocké est comprise entre 15 et 80% de son volume.

10 17. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 8 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte une ou plusieurs membranes ou enveloppes supplémentaires de confinement (27) comportant un ou plusieurs matériaux complémentaires.

15 18. Réservoir selon l'une quelconque des revendications 8 à 17, caractérisé en ce qu'il comporte une ou plusieurs pompes de récupération permettant d'évacuer les fuites de liquide ou de gaz associées à un ou plusieurs capteurs de mesure amovibles ou fixes de surveillance desdites fuites.

1/5

Figure 1

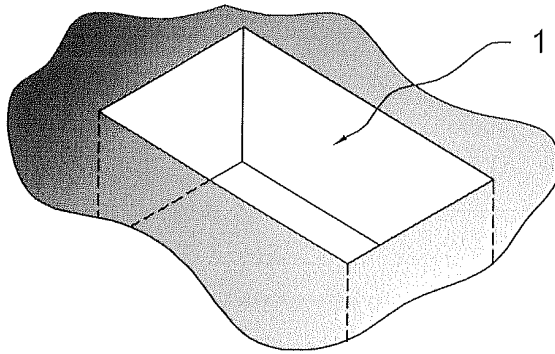


Figure 2

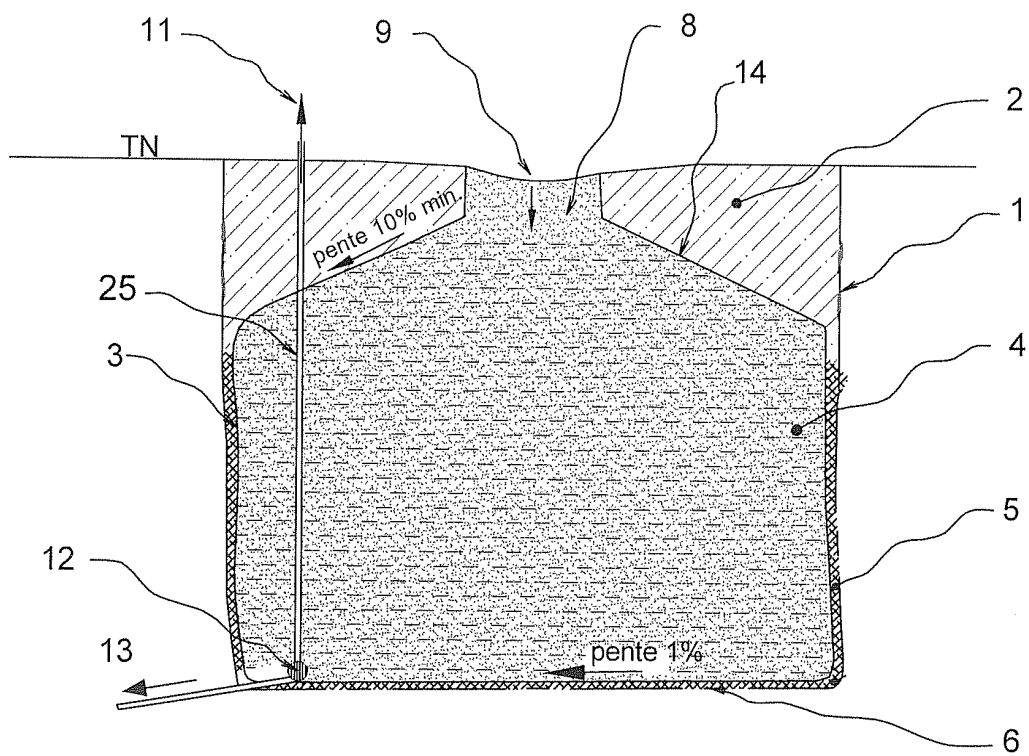
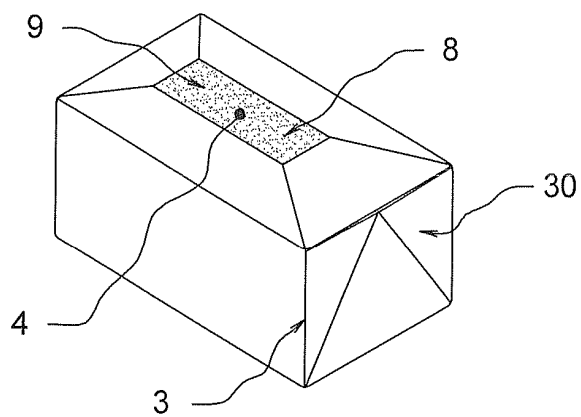


Figure 3



2/5

Figure 4A

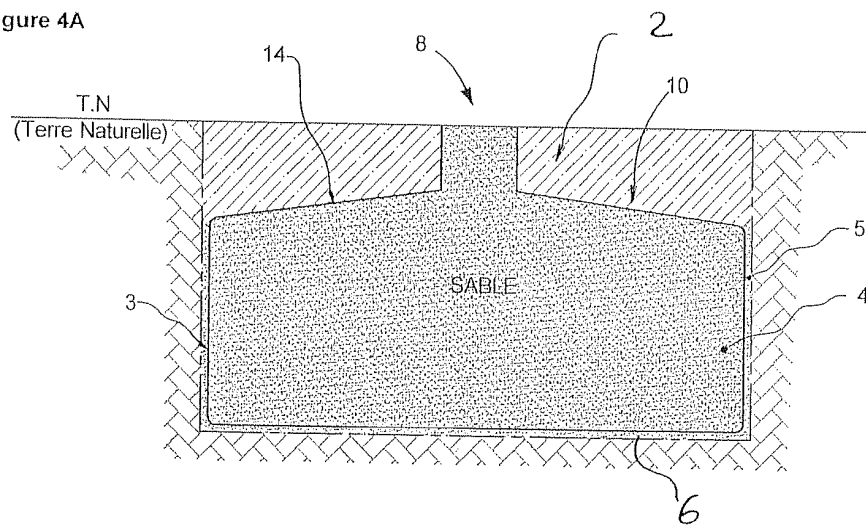


Figure 4B

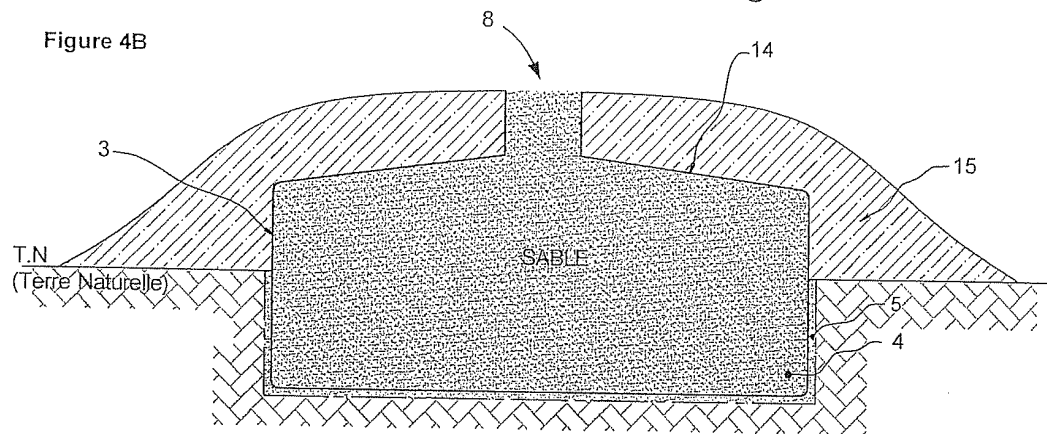
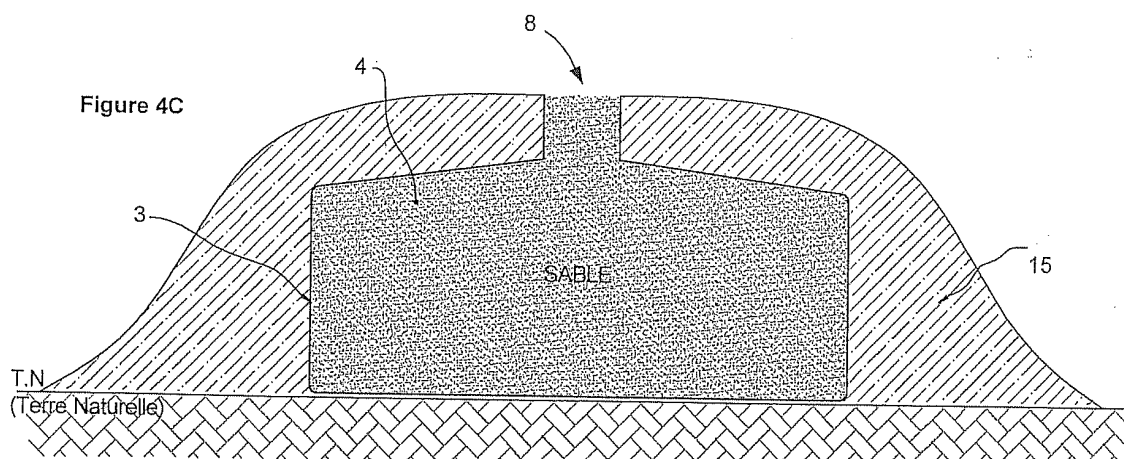


Figure 4C



3/5

Figure 5A

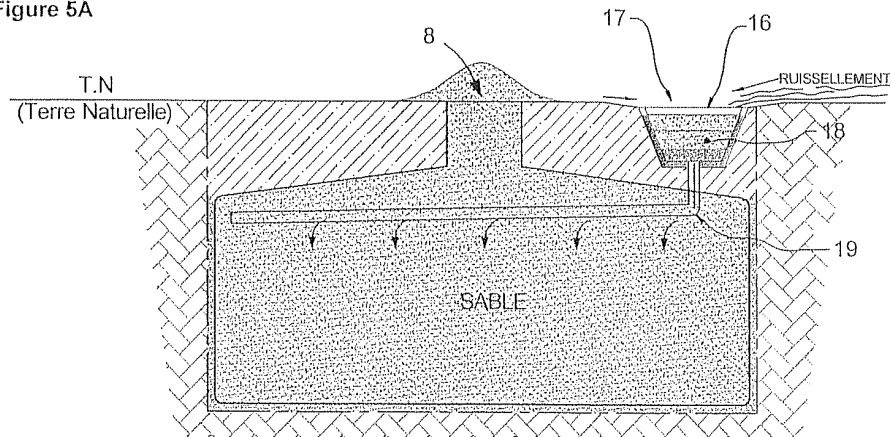


Figure 5B

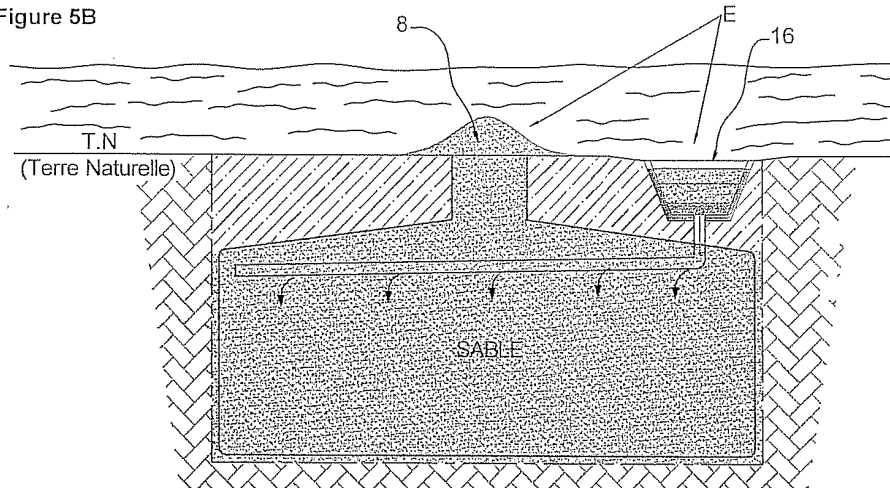
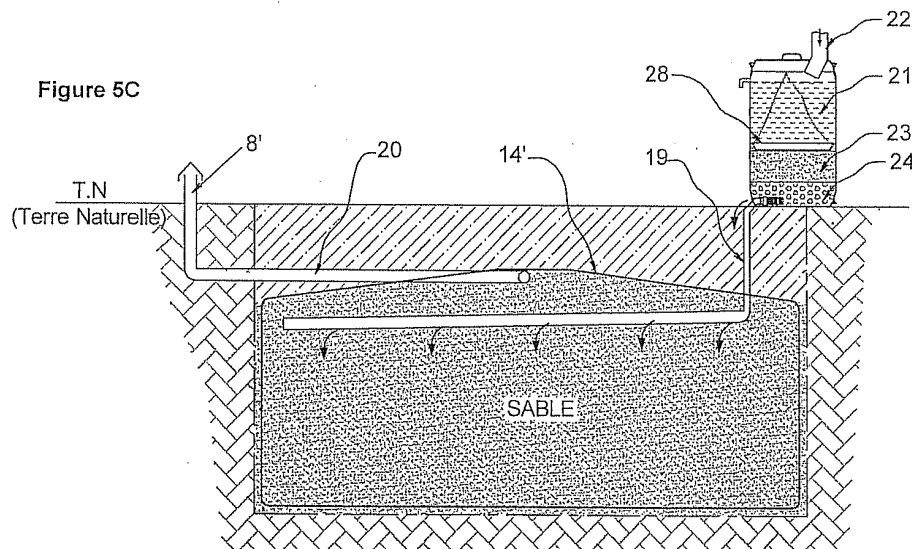


Figure 5C



4/5

Figure 6A

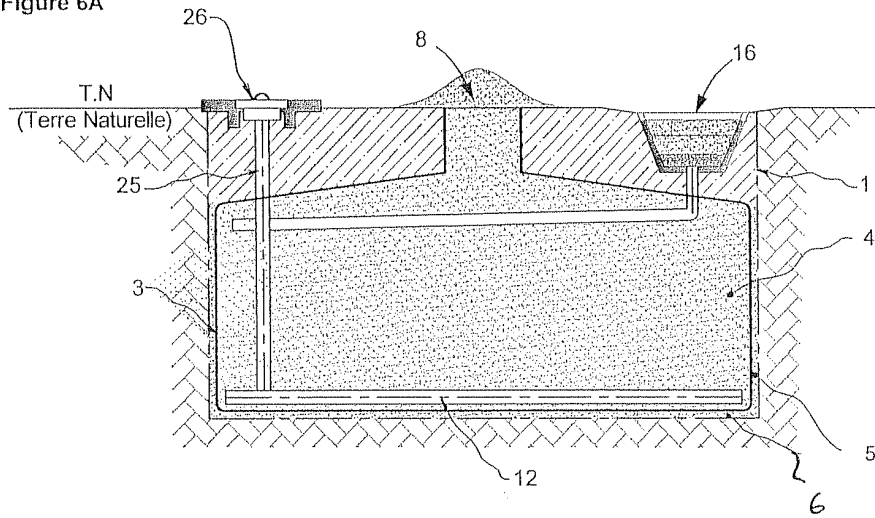


Figure 6B

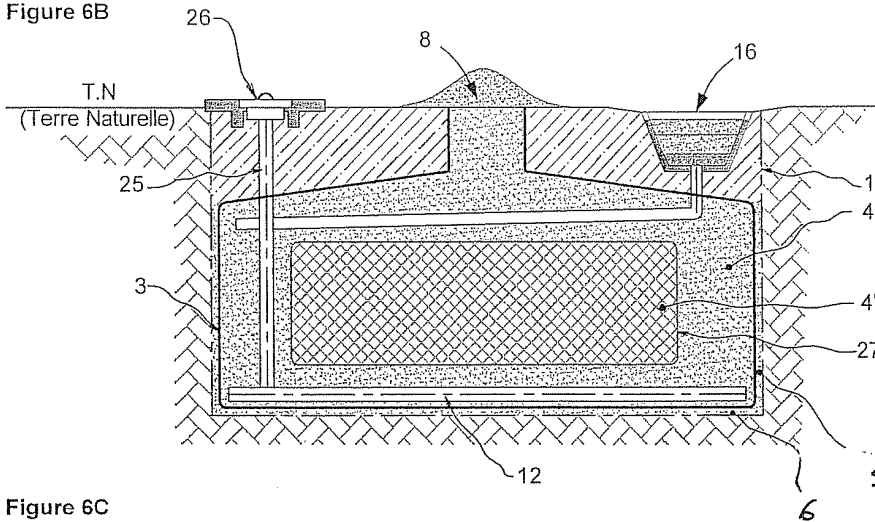
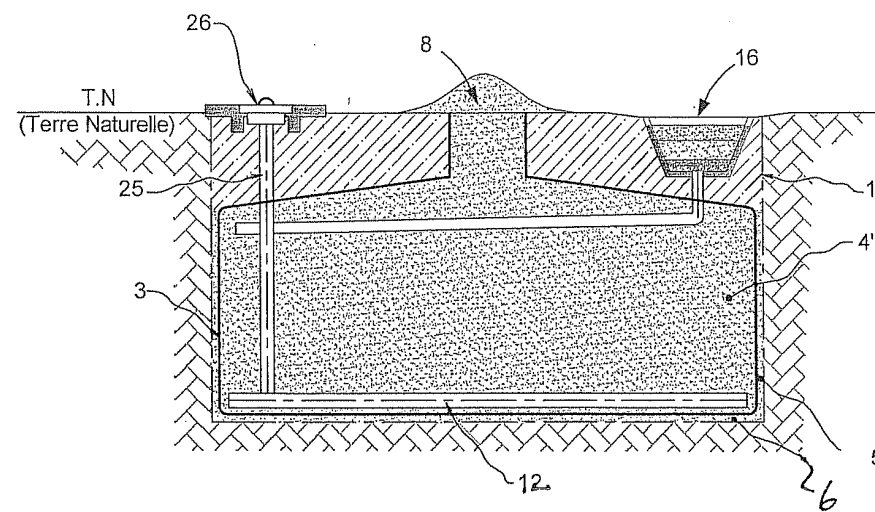


Figure 6C



5/5

Figure 7

