

PROCEDE DE TRAITEMENT DE L'URINE HUMAINE OU ANIMALE PAR BASIFICATION ET UTILISATIONS DE L'URINE OBTENUE EN PARTICULIER COMME MATIERE FERTILISANTE

Domaine technique

L'invention concerne le traitement et la valorisation de l'urine humaine ou animale. En particulier l'invention a pour objet un procédé de traitement de l'urine et l'utilisation de l'urine transformée obtenue, ainsi que des coproduits du procédé, en particulier comme matières premières utilisées pour la fabrication de fertilisants.

5 Art antérieur

L'urine est considérée comme un déchet qu'il faut éliminer. Son mode d'élimination actuel, en majorité via le tout-à-l'égout, est problématique pour les stations d'épuration et concerne plus généralement la gestion durable de la ressource en eau. La teneur en azote et micro-polluants de l'urine pose en effet des problèmes de développement d'algues et de
10 féminisation des poissons.

L'art antérieur décrit plusieurs procédés de traitement des eaux noires comprenant un mélange d'urines et d'excréments pour obtenir des matières fertilisantes ou de l'engrais. On retrouve notamment le document CN101125767 décrivant un procédé de traitement d'excréments de bétails en particulier à des fins de recyclage en engrais.

15 Le document FR2371399 décrit un procédé de traitement de déchets d'origine animale, en particulier pour leurs utilisations dans l'alimentation animale ou sur les sols.

Le document KR20040062918 décrit une méthode de compostage de fumier.

Les procédés décrits dans l'art antérieur ne sont pas adaptés au traitement de l'urine seule. L'utilisation d'eaux noires ne permet pas d'obtenir une matière fertilisante stable présentant
20 un pH basique, riche en microorganismes, riche en NPK et répondant aux critères d'innocuité des réglementations en vigueur.

L'urine humaine est connue pour avoir un potentiel de fertilisation avéré en agriculture, au même titre que les urines animales qui sont déjà utilisées par les exploitants. En effet, l'urine est riche en azote (N), phosphore (P) et potassium(K), qui sont les éléments essentiels pour la
25 fertilisation des sols et des cultures.

Toutefois, l'urine n'est pas stable lorsqu'elle est collectée. Elle perd rapidement ses caractéristiques et sa teneur en NPK, notamment via l'hydrolyse de l'urée en ammoniacque, ce qui rend son utilisation industrielle inadaptée et impossible actuellement.

Il existe donc un besoin en une urine stable, répondant aux critères d'innocuité des réglementations en vigueur, en particulier sur la teneur en éléments-traces métalliques et en organismes pathogènes, et qui présente des caractéristiques lui permettant une utilisation comme matière fertilisante adaptée à un usage agricole.

5 Résumé de l'invention

En travaillant sur le traitement de l'urine, les inventeurs ont mis au point un procédé biologique qui permet de stabiliser, dépolluer et enrichir en micro-organismes l'urine humaine ou animale. Le fertilisant obtenu par la mise en œuvre de ce procédé présente préférentiellement un pH supérieur à 9 et une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹.

L'invention a donc pour objet un procédé de traitement de l'urine humaine ou animale, préférentiellement de l'urine fraîche, comprenant :

- une étape de basification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement supérieur ou égal à 10,
- une étape de filtration de l'urine,
- une étape de transformation de l'urine par fermentation.

Le procédé comprend d'autres étapes et notamment une étape optionnelle avant l'étape de basification qui consiste à récupérer dans l'urine au moins un minéral sous forme de précipité, notamment au moins un minéral choisi parmi l'azote, le potassium ou le phosphore.

L'invention a également pour objet l'urine transformée : basifiée, filtrée et transformée par fermentation, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé, et qui présente au moins l'une des caractéristiques suivantes : un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement supérieur ou égal à 10, et une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹. Sans la mise en œuvre de la basification selon l'invention, l'urine transformée ne comprendrait pas de micro-organismes en particulier des bactéries et on ne pourrait pas mettre en œuvre la fermentation car l'urine se chargerait en ammoniac, qui serait à des concentrations toxiques pour les micro-organismes notamment pour les bactéries.

L'invention concerne aussi l'utilisation d'une telle urine transformée, en particulier comme matière fertilisante à base d'inoculum de micro-organismes, préférentiellement d'inoculum bactérien, notamment pour les cultures en plein champs, le maraîchage et l'horticulture. L'invention a donc pour objet également un fertilisant.

L'invention vise aussi l'utilisation des coproduits obtenus éventuellement lors de l'étape de fermentation de l'urine (en particulier le biofilm formé lors de cette étape), notamment

comme matière fertilisante, comme produit phytosanitaire ou comme produit de biocontrôle à usage agricole.

Brève description des Figures

- 5 - Figure 1 : représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la basification d'une urine fraîche (récoltée depuis moins de 2 heures) avec du NaOH.
- Figure 2 représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la basification d'une urine stockée (récoltée depuis environ 5 jours) avec du NaOH.
- 10 - Figure 3 : représente, sous forme d'histogramme, les concentrations de *P. chlororaphis* (UFC/mL) observées après 24 et 48h de croissance sur urine à pH 7 ou à pH 9. Les * représentent les différences significatives obtenues par le test t de Student.

Description détaillée de l'invention

Définitions

Par « urine » au sens de l'invention, on entend de l'urine exempte de matière fécale, et très préférentiellement récoltée de manière séparée.

- 15 Par « urine basifiée » au sens de l'invention, on entend une urine dont la valeur de pH a été augmentée par rapport à la valeur de pH de l'urine initiale. Le pH de l'urine basifiée est un pH basique.

- 20 Par « urine fraîche » au sens de l'invention, on entend une urine qui a été récoltée depuis moins de 12 heures, préférentiellement depuis moins de 6 heures, encore plus préférentiellement depuis moins de 1 heure.

- 25 Par « urine transformée » au sens de l'invention, on entend une urine qui a subi un procédé qui a transformé au moins une caractéristique de l'urine naturelle, si bien qu'il ne s'agit plus d'un produit naturel mais d'un produit transformé obtenu à partir d'un produit naturel. Préférentiellement l'urine transformée est une urine transformée selon l'invention au moins par basification, filtration et fermentation.

Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale

L'invention a pour objet un procédé de traitement de l'urine humaine ou animale, préférentiellement de l'urine fraîche, comprenant au moins la mise en œuvre des étapes suivantes :

- 30 - une étape de basification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement supérieur ou égal à 10,
- une étape de filtration de l'urine,

- une étape de transformation de l'urine par fermentation.

L'urine humaine ou animale est collectée par tout procédé adapté pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

5 Pour l'urine humaine, elle peut en particulier être collectée auprès de différentes sources comme les loueurs de toilettes, les festivals, les laboratoires d'analyses médicales, et les collectivités.

Pour l'urine animale, elle peut en particulier être collectée auprès de différentes sources comme les éleveurs et les laboratoires d'analyses vétérinaires.

10 L'urine humaine ou animale est collectée dans des contenants comme des bidons, des fûts ou des cuves par exemple. Selon un mode de réalisation, les contenants peuvent contenir une ou plusieurs bases pour la mise en œuvre de l'étape de basification.

De façon optionnelle, le procédé selon l'invention peut éventuellement comprendre une étape préliminaire avant l'étape de basification, qui consiste à précipiter des co-produits générés lors de l'étape de stockage avant basification. Ces co-produits sont
15 préférentiellement des minéraux, en particulier des minéraux choisis parmi l'azote, le potassium et le phosphore (struvite). Dans le cas particulier de la récupération de la struvite présente dans l'urine avant basification, le procédé consiste à ajouter des sels de magnésium en solution afin de précipiter le phosphore présent, préférentiellement à un ratio volumétrique de 1 : 1 (Mg : P). Ce précipité peut être récupéré par filtration sur un filtre de
20 mailles dont la taille des mailles est comprise entre 10 et 30µm. Le précipité peut par la suite subir différents traitements, comme un lavement, une mise en solution, un pressage et/ou un séchage à l'air libre afin d'obtenir un matériau sous forme liquide ou solide.

L'étape de basification est préférentiellement réalisée sur une urine fraîche qui a été récoltée moins de 12 heures avant la basification, préférentiellement moins de 6 heures, encore plus
25 préférentiellement moins de 1 heure.

L'étape de basification de l'urine est réalisée de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement compris entre 9 et 12, préférentiellement supérieur ou égal à 10 et selon un mode de réalisation compris entre 10 et 12. La basification de l'urine à un pH supérieur à 10 est nécessaire car elle permet d'inhiber la croissance des pathogènes
30 et empêche la réaction spontanée d'hydrolyse de l'urée en ammoniaque, donc l'urine conserve sa concentration en azote. La basification peut permettre également à l'urine de présenter le pH nécessaire à la fermentation de l'urine par certains micro-organismes notamment par certaines bactéries.

Le pH de l'urine est en outre à adapter aux conditions de fermentation des micro-organismes
35 utilisés pour la fermentation. Lors de la fermentation, il peut également être nécessaire de

stabiliser le pH de l'urine, soit par l'ajout d'une nouvelle base afin notamment de compenser une réduction de pH lors de la fermentation, préférentiellement choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges ; soit par l'ajout d'un acide afin notamment de compenser une hausse de pH lors de la fermentation, préférentiellement choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique et leurs mélanges.

L'étape de basification peut être réalisée par tout moyen permettant d'obtenir une urine avec le pH basique désiré. En particulier, l'étape de basification peut être réalisée en ajoutant à l'urine au moins un ajusteur de pH basique, préférentiellement au moins une base, et encore plus préférentiellement au moins une base choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges, ainsi que leurs équivalents sous forme d'oxydes (par exemple, l'oxyde de calcium plus communément appelé chaux).

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la base (ou les bases) utilisée pour basifier l'urine est ajoutée à l'urine à une concentration comprise entre 0,1 et 10% en poids du poids total du mélange constitué par l'urine et la base, préférentiellement entre 0,5 et 2,5%.

Lorsque l'étape de basification est réalisée en ajoutant au moins de l'hydroxyde de calcium à l'urine, préférentiellement l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 1 et 5 % d'hydroxyde de calcium en poids du poids total du mélange urine et hydroxyde de calcium, encore plus préférentiellement entre 2 et 3 %.

Lorsque l'étape de basification est réalisée en ajoutant au moins de l'hydroxyde de potassium à l'urine, préférentiellement l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 1 et 5% d'hydroxyde de potassium en poids du poids total du mélange urine et hydroxyde de potassium, encore plus préférentiellement entre 1,5 et 2%.

Lorsque l'étape de basification est réalisée en ajoutant au moins de l'hydroxyde de sodium à l'urine, préférentiellement l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 0,5 et 5 % d'hydroxyde de sodium en poids du poids total du mélange urine et hydroxyde de sodium, encore plus préférentiellement entre 0,5 et 1 %.

L'étape de basification est préférentiellement réalisée au moment de la collecte de l'urine pour éviter la réaction d'hydrolyse de l'urée en ammoniacque. Afin de limiter au maximum la perte d'azote, l'étape de basification selon l'invention est réalisée par ajout d'au moins une base dans le contenant dans lequel les urines sont réceptionnées ou versées, en amont de la réception des urines, préférentiellement en fond de contenant avant que les urines n'y soient versées. Le contenant une fois rempli est préférentiellement fermé hermétiquement pour le

transport afin de limiter les échanges gazeux à l'air libre, et le contenant est préférentiellement en matière plastique ou métal résistant à la corrosion par la base.

- Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la ou les bases peuvent être remplacées par un mélange de bactéries en milieu basique, de telle sorte que la basification est associée à une inoculation de bactéries. Ainsi, dans ce mode de réalisation, l'étape de basification du procédé selon l'invention est réalisée en ajoutant à l'urine au moins un mélange de bactéries en milieu basique, de telle sorte que la basification est associée à une inoculation de bactéries. Lorsque l'étape de basification est réalisée en ajoutant au moins des bactéries en milieu basique, préférentiellement l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 1 et 10 % d'un mélange de bactéries en milieu basique en poids du poids total du mélange urine et mélange de bactéries en milieu basique, encore plus préférentiellement entre 2,5 et 5%.

Préférentiellement, en fin d'étape de basification :

- le ratio $\text{NH}_4/\text{N-total}$ de l'urine est inférieur ou égal à 30%, et/ou
- le ratio N-uréique/N-total de l'urine est supérieur ou égal à 50%, et/ou
- le ratio C/N est supérieur ou égal à 1.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'étape de basification a une durée inférieure à 12 jours, encore plus préférentiellement inférieure à 7 jours, et en particulier entre 12 heures et 7 jours.

- Après avoir été basifiée, l'urine peut être stockée. Ainsi, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape supplémentaire de stockage de l'urine après basification.

L'urine peut être stockée après l'étape de basification et avant l'étape de filtration, ou après l'étape de filtration et avant l'étape de transformation par fermentation.

- L'urine peut être stockée pendant une durée indéterminée, préférentiellement pendant une durée inférieure ou égale à 6 mois. En effet, au-delà de 6 mois l'urée se dégrade fortement en ammoniac ce qui rend le milieu défavorable à la croissance microbienne.

- Le stockage peut être réalisé dans tout contenant adapté. Il peut s'agir du contenant dans lequel a été collecté l'urine ou de tout autre contenant en plastique ou en métal résistant à la corrosion par une base. Préférentiellement, le stockage est effectué à l'abri de la lumière afin d'éviter l'effet des UV sur la composition des urines et à température ambiante (environ 20°C). Les températures extrêmes, soit inférieures à 0°C ou soit supérieures à 40°C sont défavorables au stockage car pouvant modifier la composition de l'urine.

Le procédé selon l'invention, avant ou après stockage éventuel, préférentiellement juste avant l'étape de transformation par fermentation, comprend une étape de filtration.

Cette étape de filtration doit permettre d'enlever les particules indésirables contenues dans l'urine, telles que notamment des poils, des cheveux, des polluants sous forme chélatée, des sels résiduels et toutes autres particules pouvant être présentes (feuilles mortes, gravier, etc...).

- 5 L'étape de filtration est préférentiellement réalisée au moins par filtration sur un filtre de mailles comprises entre 0,1 et 80µm. Particulièrement, la filtration est effectuée à 25µm. Ceci permet d'éliminer les particules indésirables, en fonction de la qualité de l'urine stockée.

La filtration peut être effectuée sur un filtre absorbant des composés organiques, tel qu'un filtre à charbon actif, à chabazite, à zéolithe, ou tout autre système de filtration.

- 10 Après filtration, le procédé selon l'invention comprend une étape de fermentation, c'est-à-dire de transformation sous l'influence de micro-organismes. Les microorganismes utilisés pour l'étape de fermentation peuvent être choisis parmi les bactéries et les champignons notamment les levures et les moisissures.

- 15 Lorsque que les micro-organismes utilisés pour l'étape de fermentation sont des champignons, ils sont préférentiellement choisis parmi les champignons de l'ordre des Eurotiales, les Hypocreales, les Saccharomycetales, les Glomerales et leurs mélanges.

- Préférentiellement les micro-organismes utilisés pour l'étape de fermentation sont des bactéries. Ces bactéries sont préférentiellement choisies parmi les bactéries appartenant à au moins un des ordres suivants : Rhizobiales (en particulier les familles des
20 Bradyrhizobiaceae, Rhizobiaceae, et Phyllobacteriaceae), Bacillales (en particulier les familles des Bacillaceae et Paenibacillaceae), Rhodospirillales (en particulier la famille des Rhodospirillaceae), Actinomycetales (en particulier la famille des Corynebacteriaceae), Frankiales (en particulier la famille des Frankiaceae), Burkholderiales (en particulier la famille des Burkholderiaceae), Flavobacteriales (en particulier la famille des Flavobacteriaceae),
25 Pseudomonadales (en particulier la famille des Pseudomonadaceae), Eubacteriales (en particulier la famille des Micrococcaceae), Xanthomonadales (en particulier la famille des Xanthomonadaceae), Hyphomicrobiales, Cytophagales, Chroococcales, Gloeobacterales, des Nostocales, Oscillatoriales, Pleurocapsales, Stigonematales.

- Les bactéries utilisées pour la fermentation sont préférentiellement choisies parmi les
30 bactéries de la famille des Bradyrhizobiaceae, Rhizobiaceae, Phyllobacteriaceae, Bacillaceae, Paenibacillaceae, Rhodospirillaceae, Corynebacteriaceae, Frankiaceae, Burkholderiaceae, Flavobacteriaceae, Pseudomonaceae, Micrococcaceae, Xanthomonadaceae, Lactobacillaceae, Streptococcaceae, Enterococcaceae, Leuconostocaceae, Bifidobacteriaceae, et leurs mélanges.

Selon un mode de réalisation, la fermentation est réalisée avec une ou plusieurs bactéries lactiques, préférentiellement avec au moins une bactérie choisie parmi les bactéries de l'ordre des Lactobacillales, en particulier avec au moins une bactérie dont la famille est choisie parmi les Lactobacillaceae, Streptococcaceae, Enterococcaceae, Leuconostocaceae, Bifidobacteriaceae.

Selon l'invention, les micro-organismes, préférentiellement les bactéries, utilisés pour la fermentation sont choisies parmi des espèces dont la fermentation nécessite un pH basique, préférentiellement supérieur à 9.

Le pH pour la fermentation de micro-organismes, notamment de bactéries, d'une même famille varie en fonction de l'espèce. Ainsi certaines espèces des familles précitées peuvent nécessiter un pH acide, d'autres un pH basique ou d'autre encore un pH neutre.

Préférentiellement, le procédé selon l'invention est utilisé avec des espèces de bactéries des familles précitées nécessitant un pH basique et en particulier dont le pH de l'urine pour la fermentation de ces bactéries est préférentiellement le suivant :

- l'urine est préférentiellement ajustée à $9 < \text{pH} < 12$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de fermentation sont des bactéries de la famille des Paenibacillaceae,
- l'urine est préférentiellement ajustée à $9 < \text{pH} < 11$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de fermentation sont des bactéries de la famille des Bacillaceae,
- l'urine est préférentiellement ajustée à $9 < \text{pH} < 10$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de fermentation sont des bactéries de la famille des Pseudomonadaceae,
- l'urine est préférentiellement ajustée à $9 < \text{pH} < 10$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de fermentation sont des bactéries de la famille des Burkholderiaceae,
- l'urine est préférentiellement ajustée à $9 < \text{pH} < 11$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de fermentation sont des bactéries de la famille des Micrococcaceae.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, l'étape de transformation de l'urine par fermentation consiste à ajouter dans l'urine au moins une source de carbone et au moins un inoculum de micro-organismes, préférentiellement au moins un inoculum de bactéries.

La source de carbone est préférentiellement ajoutée à raison de 1 à 40 g.L⁻¹ par rapport au volume d'urine basifiée et filtrée à transformer par fermentation. La source de carbone peut être diverse. Elle est préférentiellement choisie parmi le fructose, le glucose, le lactose, le maltose, le saccharose, le sirop de glucose, sirop de malte ainsi que les polyols tels que le mannitol ou le sorbitol et leurs mélanges.

L'inoculum de micro-organismes, préférentiellement l'inoculum bactérien est de façon préférée ajouté à raison de 0,1 à 10% en volume par rapport au volume du mélange d'urine basifiée et filtrée et de la source de carbone.

5 Lorsque l'inoculum de micro-organismes est un inoculum bactérien, l'inoculum peut être obtenu à partir d'une solution mère comprenant au moins une source de carbone, une bactérie ou un mélange d'au moins deux bactéries, et une urine basifiée ou acidifiée présentant un pH adapté à la fermentation de ladite bactérie ou dudit mélange de bactéries. Par exemple, l'inoculum peut être obtenu notamment à partir d'une solution mère constituée au moins par :

- 10 - de l'urine basifiée présentant un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement supérieur ou égal à 10, et en particulier de façon préférée un pH identique ou proche de celui de l'urine basifiée que l'on veut transformer par fermentation,
- une source de carbone,
 - et au moins une bactérie.

15 L'étape de fermentation peut être réalisée en particulier à une température comprise entre 25 et 35°C. Elle est préférentiellement réalisée à une température correspondant à la température de croissance optimale du ou des micro-organismes utilisés pour la fermentation.

Notamment, la température peut être par exemple de :

- 20 - entre 20 °C et 40°C pour les bactéries de la famille des Bacillaceae ;
- entre 25°C et 40°C pour les bactéries de la famille des Paenibacillaceae ;
 - entre 20°C et 35°C pour les bactéries de la famille des Pseudomonadaceae ;
 - entre 20°C et 40°C pour les bactéries de la famille des Burkholderiaceae ;
 - entre 25°C et 40°C pour les bactéries de la famille des Micrococcaceae.

25 Dans un mode de réalisation de l'invention, l'étape de fermentation est réalisée pendant une durée d'au moins 12 heures, préférentiellement pendant une durée comprise entre 3 et 12 jours. Cette durée varie en fonction des micro-organismes et des conditions mises en œuvre pour la fermentation.

30 Un ou plusieurs micro-organismes peuvent être utilisés pour la fermentation préférentiellement une ou plusieurs bactéries. La fermentation peut donc être réalisée avec au moins deux microorganismes différents. Selon un mode de réalisation la fermentation est réalisée avec au moins deux bactéries différentes.

Différentes variantes de mise en œuvre de l'étape de fermentation du procédé selon l'invention peuvent être par exemple :

- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Bacillaceae*, à une température comprise entre 20 et 40°C, préférentiellement 35°C, pendant 1 à 4 jours, préférentiellement 2 jours, sur une urine à pH compris entre 9 et 11, préférentiellement 9,5, avec ajout de sucre, préférentiellement de saccharose, entre 5 et 20 g.L⁻¹, préférentiellement à 10 g.L⁻¹,
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Paenibacillaceae*, à une température comprise entre 25 et 40°C, préférentiellement 30°C, pendant 1 à 4 jours, préférentiellement 2 jours, sur une urine à pH compris entre 9 et 12, préférentiellement 10, avec ajout de sucre, préférentiellement de glucose, entre 10 et 50 g.L⁻¹, préférentiellement à 40 g.L⁻¹,
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Pseudomonadaceae*, à une température comprise entre 20 et 40°C, préférentiellement 35°C, pendant 1 à 7 jours, préférentiellement 3 jours, sur une urine à pH compris entre 9 et 10, préférentiellement 9,5, avec ajout de sucre, préférentiellement du glucose, entre 5 et 30 g.L⁻¹, préférentiellement à 15 g.L⁻¹,
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Burkholderiaceae*, à une température comprise entre 20 et 40°C, préférentiellement 30°C, pendant 1 à 5 jours, préférentiellement 4 jours, sur une urine à pH compris entre 9 et 10, préférentiellement 9, avec ajout de sucre, préférentiellement de fructose, entre 5 et 20 g.L⁻¹, préférentiellement à 10 g.L⁻¹,
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Micrococcaceae*, à une température comprise entre 25 et 40°C, préférentiellement 30°C, pendant 1 à 7 jours, préférentiellement 4 jours, sur une urine à pH compris entre 20 et 40°C, préférentiellement 25°C, avec ajout de sucre, préférentiellement de maltose, entre 5 et 40 g.L⁻¹, préférentiellement à 15 g.L⁻¹.

Selon un mode de réalisation, la fermentation est réalisée avec au moins une bactérie de la famille des *Pseudomonadaceae*. Dans une variante adaptée, l'étape de fermentation est réalisée avec au moins une bactérie de la famille des *Pseudomonadaceae* à une température comprise entre 30 et 35°C, pendant entre 3 et 5 jours, sur une urine basifiée à pH compris entre 9 et 11, avec ajout de sucre, préférentiellement du saccharose, entre 25 et 30 g.L⁻¹.

Le procédé selon l'invention peut comprendre également une ou plusieurs étapes supplémentaires.

En particulier, le procédé selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs étape(s) qui consiste(nt) à ajouter à l'urine des constituants supplémentaires, tels que notamment des sources d'azote (sous forme uréique, nitrate/nitrite ou ammonium), de phosphore et/ou de

potassium, d'éléments secondaires (calcium et/ou magnésium) ou d'oligo-éléments (cobalt, cuivre, fer, manganèse et/ou zinc). L'ajout de constituants supplémentaires peut être réalisé à tout moment de la mise en œuvre du procédé. Préférentiellement il est réalisé avant l'étape de fermentation.

- 5 Selon une variante du procédé, celui-ci peut comprendre une étape supplémentaire d'ajout d'au moins un acide dans l'urine basifiée, dans l'objectif d'obtenir un pH optimal pour la croissance des micro-organismes, préférentiellement des bactéries, utilisées lors de l'étape de fermentation.

- Le procédé selon l'invention peut donc comprendre une étape d'ajout d'au moins un acide
10 dans l'urine basifiée. L'ajout de l'acide est réalisé de façon à ce que l'urine présente un pH moins élevé que celui obtenu après l'étape de basification. Le pH est ajusté de façon à ce que l'urine présente un pH adapté à la croissance des micro-organismes, préférentiellement des bactéries, utilisées pour la fermentation de l'urine. L'ajustement du pH à la valeur désirée est réalisé en modifiant la concentration de l'acide dans l'urine en fonction du pH de l'urine
15 basifiée, du pH désiré, et de l'acide utilisé.

Préférentiellement, l'acide utilisé pour l'étape d'ajout d'un acide dans l'urine basifiée peut être notamment choisie parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique et leurs mélanges.

- Cette variante du procédé comprenant une étape d'ajout d'un acide, au lieu d'atteindre le pH
20 désiré uniquement par basification de l'urine, permet d'atteindre le pH désiré en plusieurs fois (au moins deux étapes) : basification de l'urine selon l'invention puis ajout d'au moins un acide. Ainsi, quelle que soit la variante, avec ou sans ajout d'acide, le procédé selon l'invention permet que le pH de l'urine avant transformation par fermentation ait un pH adapté à la croissance des micro-organismes, préférentiellement des bactéries, utilisées pour la
25 fermentation de l'urine. Ainsi une variante du procédé selon l'invention est caractérisée en ce que le pH de l'urine avant et/ou pendant transformation par fermentation est adapté à la croissance des micro-organismes, préférentiellement des bactéries, utilisées pour la fermentation de l'urine.

- L'étape d'ajout d'un acide dans l'urine basifiée peut être réalisée à tout moment du procédé
30 après l'étape de basification et avant l'étape de transformation de l'urine par fermentation.

- Lors de la fermentation, il peut également être nécessaire de stabiliser le pH de l'urine, soit par l'ajout d'une base pour augmenter le pH, préférentiellement choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges ; soit par l'ajout d'un acide pour diminuer le pH, préférentiellement choisi parmi l'acide sulfurique,
35 l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique

et leurs mélanges. Ainsi le procédé selon l'invention peut comprendre une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'au moins un acide lors de l'étape de transformation de l'urine par fermentation.

Selon un mode de réalisation, le procédé selon l'invention peut comprendre la succession d'au moins les étapes suivantes :

- 5 - une étape de basification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur à 9, préférentiellement supérieur à 10,
- une étape d'ajout d'au moins un acide dans l'urine (le pH étant moins élevé : il peut être toujours supérieur ou égal à 9 ou à 10, mais il peut être inférieur à ces valeurs, notamment il
10 peut être inférieur à 6),
- une étape de filtration de l'urine,
- une étape de transformation de l'urine par fermentation, comprenant éventuellement une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'un acide.

Selon un autre mode de réalisation, le procédé selon l'invention peut comprendre la succession d'au moins les étapes suivantes :

- une étape de basification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur à 9, préférentiellement supérieur à 10,
- une étape de filtration de l'urine,
- une étape d'ajout d'au moins une base dans l'urine (le pH étant moins élevé : il peut être
20 toujours supérieur ou égal à 9 ou à 10, mais il peut être inférieur à ces valeurs, notamment il peut être inférieur à 6),
- une étape de transformation de l'urine par fermentation, comprenant éventuellement une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'un acide.

Si le pH est suffisamment acide après l'étape d'ajustement du pH et/ou lors de l'étape de
25 fermentation, la fermentation peut éventuellement être réalisée par des bactéries lactiques (lacto-fermentation), telles que par exemple au moins une bactérie dont la famille est choisie parmi les *Lactobacillaceae*, *Streptococcaceae*, *Enterococcaceae*, *Leuconostocaceae*, *Bifidiobacteriaceae*. Dans ce cas :

- l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $4 < \text{pH} < 5$ lorsque les bactéries
30 utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Lactobacillaceae*,

- l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $4,5 < \text{pH} < 5,5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Streptococcaceae*,
 - l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $4,5 < \text{pH} < 5,5$ lorsque les bactéries
5 utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Pseudomonadaceae*,
 - l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $4 < \text{pH} < 5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Enterococcaceae*,
 - 10 - l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $3,5 < \text{pH} < 4,5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Leuconostocaceae*,
 - l'urine basifiée est préférentiellement acidifiée ensuite à $5 < \text{pH} < 6$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des
15 *Bifidiobacteriaceae*.
- Différentes variantes de mise en œuvre de l'étape de fermentation à pH acidifiée après basification selon l'invention peuvent être par exemple :
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Lactobacillaceae*, à une température comprise entre 30 et 35°C, préférentiellement 35°C, pendant 2 à 5 jours,
20 préférentiellement 3 jours, sur une urine à pH compris entre 4,5 et 5,5, préférentiellement 5,0, avec ajout de sucre, préférentiellement de lactose, entre 30 et 45 g.L⁻¹, préférentiellement à 40 g.L⁻¹,
 - l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Streptococcaceae*, à une température comprise entre 20 et 30°C, préférentiellement 25°C, pendant entre 5 et 10 jours,
25 préférentiellement 8 jours, sur une urine à pH compris entre 5,0 et 6,0, préférentiellement 5,5 avec ajout de sucre, préférentiellement de glucose, entre 15 et 30 g.L⁻¹, préférentiellement à 20 g.L⁻¹,
 - l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Enterococcaceae*, à une température comprise entre 25 et 35°C, préférentiellement à 30°C, pendant 3 à 8 jours,
30 préférentiellement 5 jours, sur une urine à pH compris entre 5,0 et 6,0, préférentiellement 6,0, avec ajout de sucre, préférentiellement de fructose, entre 25 et 35 g.L⁻¹, préférentiellement à 30 g.L⁻¹,
 - l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Leuconostocaceae*, à une température comprise entre 20 et 30°C, préférentiellement à 25°C, pendant 8 à 12 jours,

préférentiellement 10 jours, sur une urine à pH compris entre 3,5 et 5,0, préférentiellement 4,5, avec ajout de sucre, préférentiellement de maltose, entre 3 et 10 g.L⁻¹, préférentiellement à 5 g.L⁻¹,

- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Bifidiobacteriaceae*, à une température comprise entre 30 et 40°C, préférentiellement à 35°C, pendant entre 2 et 6 jours, préférentiellement 4 jours, sur une urine à pH compris entre 5,0 et 6,0, préférentiellement 6,0, avec ajout de sucre, préférentiellement de saccharose, entre 5 et 15 g.L⁻¹, préférentiellement à 10 g.L⁻¹.

Enfin, le procédé selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation, peut éventuellement comprendre une ou plusieurs étapes supplémentaires avant l'étape de basification, entre la basification et la fermentation ou après fermentation.

L'urine obtenue après l'étape de fermentation se présente sous forme liquide. Le procédé selon l'invention peut comprendre également une étape supplémentaire de concentration des micro-organismes, en particulier des bactéries (par tout moyen adapté notamment centrifugation, déshydratation et/ou lyophilisation) de façon à obtenir un produit sous forme solide.

Avantageusement, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre à l'échelle industrielle, et permet d'obtenir un produit en quelques jours. Le procédé selon l'invention permet de façon avantageuse, de valoriser une matière première naturelle considérée actuellement comme un déchet, qui nécessite aujourd'hui des traitements importants, coûteux et non satisfaisants.

Urine transformée selon l'invention

L'invention a également pour objet une urine transformée, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, c'est-à-dire transformée par la mise en œuvre d'un procédé comprenant au moins une étape de basification à un pH supérieur ou égal à 8, au moins une étape de filtration et au moins une étape de fermentation.

L'urine transformée selon l'invention présente préférentiellement au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- un pH supérieur ou égal à 9, préférentiellement supérieur ou égal à 10, si le procédé ne comprend pas d'étape d'ajustement du pH à un pH inférieur par ajout d'un acide.
- une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10⁶ UFC.mL⁻¹, préférentiellement au moins 10⁷ UFC.mL⁻¹. Elle peut être d'au moins 10⁸ UFC.mL⁻¹.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'urine transformée présente également au moins l'une des caractéristiques suivantes, préférentiellement au moins deux, encore plus préférentiellement au moins trois ou toutes :

- un taux de matière sèche supérieur ou égal à 1% ; ceci présente l'avantage d'avoir une
5 quantité d'éléments nutritifs particulièrement adaptée ;
- un ratio $\text{NH}_4/\text{N-total}$ inférieur ou égal à 30% ; ceci permet d'avoir une source d'azote optimale assimilable par les micro-organismes, préférentiellement par les bactéries;
- un ratio N-urétique/N-total supérieur ou égal à 50% ; cette caractéristique permet d'avoir
10 une source d'azote non assimilable par les micro-organismes, préférentiellement par les bactéries, mais libérant de l'azote pour les végétaux lorsque l'urine transformée est utilisée sur des végétaux ;
- un ratio C/N supérieur ou égal à 1 ; cette caractéristique permet d'avoir une pousse optimale des micro-organismes, préférentiellement des bactéries.

L'urine transformée selon l'invention est une matrice complexe qui comprend notamment de
15 l'azote, du phosphore et du potassium. Elle contient également des éléments secondaires, comme du calcium et du magnésium, ainsi que des oligo-éléments, comme du cobalt, du cuivre, du manganèse et du zinc.

L'urine transformée selon l'invention peut se présenter sous forme liquide. Elle est alors stockée dans tout contenant adapté tel que des bouteilles, des bidons, des fûts ou des cuves,
20 préférentiellement en matière plastique opaque ou en métal résistant à la corrosion de produit basique.

L'urine transformée peut également se présenter sous forme solide, en particulier sous forme de granulé, de pelé ou de poudre. Les granulés et/ou les pelés peuvent être obtenus à partir de substrats minéraux, comme de la zéolithe et de la perlite, ainsi qu'à partir de substrats
25 organiques, comme du guano de chauves-souris ou d'oiseaux.

En outre, l'urine transformée selon l'invention, est préférentiellement en conformité avec les réglementations en vigueur concernant l'innocuité, notamment sur la teneur en éléments traces métalliques et en organismes pathogènes.

Utilisation d'urine transformée selon l'invention

30 L'invention a également pour objet l'utilisation de l'urine transformée selon l'invention, en particulier de l'urine transformée obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, comme matière fertilisante. Ainsi un objet de l'invention est un fertilisant comprenant au moins le produit obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, c'est-à-dire un fertilisant comprenant au moins de l'urine transformée selon l'invention.

En effet, du fait de ses caractéristiques avantageuses, l'urine transformée selon l'invention peut être utilisée comme matière fertilisante pour tout type de végétaux, y compris en champs, et quels que soient les supports de culture (compost, terreau, fibre de coco, etc.) en particulier :

- 5 - pour les cultures en plein champs, notamment céréales ou vignes,
- en maraîchage, que ce soit pour des fruits ou des légumes,
- en horticulture, pour tout type de plantes, notamment à la période des semis.

L'utilisation selon l'invention est préférentiellement réalisée avant semi ou dans les premières semaines de croissance des plantes.

- 10 Elle peut être utilisée également en combinaison avec d'autres matières fertilisantes, comme des engrais minéraux et/ou organiques ainsi que des amendements comme du compost, afin d'améliorer l'absorption des minéraux et/ou d'améliorer la qualité finale de la matière fertilisante.

- Dans un mode de réalisation de l'invention, l'urine transformée est utilisée pour stimuler la
- 15 croissance des végétaux, notamment en stimulant la croissance en phase végétative par l'intermédiaire de facteurs de croissance (« Plant Growth Promoting Factors ») produits par les micro-organismes présents dans l'urine transformée, en particulier par les bactéries.

Pour son utilisation :

- lorsque l'urine transformée est liquide, elle est préférentiellement diluée dans l'eau. Pour
- 20 les apports au champ, la dose d'utilisation de produit liquide est préconisée entre 5 à 100L/ha dilué dans 100 à 1000L d'eau. Pour les autres apports, comme pour des plantes en pots, le produit liquide est utilisé à raison de 5 à 50mL par litre d'eau,
- lorsque l'urine transformée est solide, elle est préférentiellement appliquée directement au sol. Pour les apports au champ, la dose d'utilisation de produit solide est préconisée entre 0,5
- 25 à 5kg/ha. Pour les autres apports, comme pour des plantes en pots, le produit solide est utilisé à raison de 0,5 à 5g par plante.

Ainsi, le produit selon l'invention peut être utilisé en faible quantité pour obtenir un effet sur la croissance des végétaux important.

- 30 Avantageusement, la matière fertilisante selon l'invention est issue d'un produit naturel. Son procédé n'implique aucun solvant. Il n'est aucunement dangereux ni pour l'Homme ni pour l'environnement.

Utilisation de co-produits du procédé de transformation de l'urine

L'invention a également pour objet l'utilisation de co-produits obtenus au cours de la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention.

En effet, des co-produits sont générés lors de l'étape de stockage avant basification et pendant l'étape de fermentation, et en particulier :

- 5 - avant basification : des minéraux, en particulier des minéraux choisis parmi l'azote, le potassium et le phosphore (struvite),
- pendant l'étape de fermentation : le biofilm de micro-organismes, préférentiellement le biofilm bactérien de surface. Le biofilm de micro-organismes est produit par les micro-organismes pendant la fermentation. Préférentiellement, le biofilm bactérien de surface est
- 10 produit par les bactéries pendant la fermentation. Il est composé d'exopolysaccharides notamment. Ce film de surface peut être récupéré grâce à un racloir muni d'un filtre de maille comprise entre 1 et 10µm. Le biofilm peut par la suite subir différents traitements, comme un lavement, une mise en solution, un pressage et/ou un séchage à l'air libre afin d'obtenir un matériau sous forme liquide ou solide.
- 15 Ces co-produits présentent des caractéristiques qui permettent avantageusement leur utilisation comme matière fertilisante, produit phytosanitaire, de biocontrôle ou tout autre usage agricole.

Exemples

L'invention est à présent illustrée par des exemples.

- 20 Exemple 1 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec du NaOH et *Bacillus sp.*

Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- déposer 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5%, dans le fond du contenant en plastique (pour 100L de volume total urine + lessive de soude, ajouter 0,6L de lessive de soude à
- 25 30,5%) ;
- ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,6L de lessive de soude déjà présente dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
- le mélange a un pH supérieur ou égal à 9, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la
- 30 lumière ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
- ajouter à l'urine basifiée et filtrée 10g.L⁻¹ de glucose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Bacillus sp* (1L pour 100L d'urine basifiée), à 30°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute) ;

- récupérer l'urine basifiée et transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- basifier 10 L d'urine pour atteindre un pH supérieur ou égal à 9, par ajout 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5% (60g de lessive de soude pour 10L) ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre de maille 0,2 μ m ;
- ajouter 20g.L⁻¹ de glucose ;
- ajouter 100mg de la souche de *Bacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- faire fermenter à 30°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 2 jours ;
- la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10⁷ UFC.mL⁻¹.

L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :

- un pH supérieur ou égal à 9,
- une concentration en bactéries de 10⁸ UFC.mL⁻¹,
- un ratio NH₄/N-total égal à 20%,
- un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 3.

Exemple 2 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec du NaOH et *Pseudomonas sp.*

- Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :
- déposer 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5%, dans le fond du contenant en plastique (pour 100L de volume total urine + lessive de soude, ajouter 0,6L de lessive de soude à 30,5%) ;
 - ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,6L de lessive de soude déjà présente dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
 - le mélange a un pH supérieur égal à 9, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
 - filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μ m ;
 - ajouter à l'urine basifiée et filtrée 30g.L⁻¹ de saccharose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Pseudomonas sp.* (1L pour 100L d'urine basifiée), à 34°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute).

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- basifier 10 L d'urine pour atteindre un pH supérieur ou égal à 9, par ajout 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5% (60g de lessive de soude pour 10L) ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre de maille 0,2 μ m ;
- 5 - ajouter 30g.L⁻¹ de saccharose ;
- ajouter 100mg de la souche de *Pseudomonadas sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- faire fermenter à 34°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 3 jours ;
- 10 - la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10⁷ UFC.mL⁻¹.

L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :

- un pH supérieur ou égal à 9,
- une concentration en bactéries de 10⁸ UFC.mL⁻¹,
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- 15 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 3.

Exemple 3 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec du Ca(OH)₂ et *Paenibacillus sp.*

Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- 20 - déposer 1,5% en poids d'hydroxyde de calcium en poudre dans le fond du contenant en plastique (pour 100L de volume total urine, ajouter 1,5kg d'hydroxyde de calcium) ;
- ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 1,5kg d'hydroxyde de calcium déjà présent dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
- le mélange a un pH supérieur égal à 10, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois
- 25 dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μ m ;
- ajouter à l'urine basifiée et filtrée 20g.L⁻¹ de glucose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Paenibacillus sp.* (1L pour 100L d'urine basifiée), à 32°C pendant 4 jours sous agitation continue (environ 100 tours par minute) ;
- 30 - récupérer l'urine basifiée et transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- basifier 10 L d'urine pour atteindre un pH supérieur ou égal à 10, par ajout de 1,5% en poids de Ca(OH)_2 (150g d'hydroxyde de calcium pour 10L) ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre de maille 0,2 μm ;
- 5 - ajouter 30 g.L⁻¹ de glucose ;
- ajouter 100 mg de la souche de *Paenibacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- faire fermenter à 32°C sous agitation continue (environ 100 tours par minute) pendant 2 jours ;
- la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.
- 10 L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :
 - un pH supérieur ou égal à 10,
 - une concentration en bactéries de 10⁸ UFC.mL⁻¹,
 - un ratio $\text{NH}_4/\text{N-total}$ égal à 10%,
 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
 - 15 - un ratio C/N égal à 3.

Exemple 4 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec du Ca(OH)_2 et *Micrococcus sp.*, avec ajustement du pH à l'acide lactique lors de la fermentation

Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- déposer 0,5% en poids d'hydroxyde de calcium en poudre dans le fond du contenant en
- 20 plastique (pour 100L de volume total urine, ajouter 0,5kg d'hydroxyde de calcium) ;
- ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,5kg de lessive de soude déjà présente dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
- le mélange a un pH supérieur égal à 9, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
- 25 - filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μm ;
- ajouter à l'urine basifiée et filtrée 20 g.L⁻¹ de saccharose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Micrococcus sp.* (1L pour 100L d'urine basifiée), à 32°C pendant 4 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute) ;
- pendant la fermentation, ajuster le pH au minimum deux fois par jour avec de l'acide lactique
- 30 afin de maintenir un pH égal à 9 sur la durée de la fermentation.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- basifier 10 L d'urine pour atteindre un pH supérieur ou égal à 9, par ajout de 0,5% en poids de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (50g d'hydroxyde de calcium pour 10L) ;
 - filtrer l'urine basifiée avec un filtre de maille 0,2 μm ;
 - ajouter 20 g.L⁻¹ de saccharose ;
 - 5 - ajouter 100mg de la souche de *Micrococcus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - faire fermenter à 32°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 2 jours ;
 - la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.
- L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :
- 10 - un pH supérieur ou égal à 9,
 - une concentration en bactéries de 10⁸ UFC.mL⁻¹,
 - un ratio $\text{NH}_4/\text{N-total}$ égal à 10%,
 - un ratio N-urémique/N-total égal à 60%,
 - un ratio C/N égal à 3.

- 15 Exemple 5 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec basification avec du NaOH, puis une étape d'ajustement du pH à pH acide avec l'acide lactique et fermentation avec *Lactobacillus sp*

Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- déposer 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5%, dans le fond du contenant en plastique
- 20 (pour 100L de volume total urine + lessive de soude, ajouter 0,6L de lessive de soude à 30,5%) ;
- ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,6L de lessive de soude déjà présente dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
- le mélange a un pH supérieur égal à 9,0, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6
- 25 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
- ajouter de d'acide lactique à l'urine basifiée de façon à ce que le pH devienne égal à 4 ;
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μm ;
- ajouter à l'urine acidifiée et filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Lactobacillus sp.* (1L pour
- 30 100L d'urine acidifiée) et 25 g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc), à 34°C pendant 10 jours sous agitation continue (entre 50 et 100 tours par minute) ;

- récupérer l'urine transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- acidifier 10 L d'urine pour atteindre un pH inférieur ou égal à 4, par ajout d'acide lactique à 1% en poids (100g d'acide pour 10L) ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25 μm ;
 - ajouter 100 mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - ajouter 25 g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc) ;
 - faire fermenter à 30°C pendant 5 jours ;
- 10 - la concentration finale en bactéries obtenue est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.

L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :

- un pH inférieur ou égal à 4,
- une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- 15 - un ratio N-uréique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 3.

Exemple 6 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec basification avec du NaOH, puis une étape d'ajustement du pH à pH acide avec acide nitrique, fermentation avec Bifidobacterium bifidum et maintien du pH acide lors de la fermentation

- 20 Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :
- déposer 0,6% en poids de lessive de soude à 30,5%, dans le fond du contenant en plastique (pour 100L de volume total urine + lessive de soude, ajouter 0,6L de lessive de soude à 30,5%) ;
 - ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,6L de lessive de soude déjà présente dans le contenant, compléter à 100L avec l'urine) ;
 - 25 - le mélange a un pH supérieur égal à 8,0, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
 - ajouter de d'acide nitrique à l'urine basifiée de façon à ce que le pH devienne égal à 4 ;
 - 30 - filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μm ;

- ajouter à l'urine acidifiée filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Bifidobacterium bifidum* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 20 g.L⁻¹ de glucose, à 34°C pendant 10 jours sous agitation continue (50 à 100 tours par minute) ;
 - pendant la fermentation, ajuster le pH au minimum deux fois par jour avec de l'acide nitrique
 - 5 afin de maintenir un pH égal à 4 sur la durée de la fermentation.
- L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :
- acidifier 10 L d'urine pour atteindre un pH inférieur ou égal à 4, par ajout d'acide nitrique à 0,5% en poids (50 g d'acide pour 10L) ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25µm ;
 - 10 - ajouter 100 mg de la souche de *Bifidobacterium bifidum* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - ajouter 20 g.L⁻¹ de glucose ;
 - faire fermenter à 30°C pendant 5 jours ;
 - la concentration finale en bactéries obtenue est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.
 - 15 L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :
 - un pH inférieur ou égal à 4,
 - une concentration en *Bifidobacterium bifidum* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
 - 20 - un ratio C/N égal à 3.

Exemple 7 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec récupération de struvite, du NaOH et Bacillus sp.

Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- 25 • récupérer les urines sans addition de base préalable dans un contenant hermétique en plastique, de façon à ce que les urines présentent un pH supérieur ou égal à 8 ;
- préparer à part une solution de sulfate de magnésium (MgSO₄) entre 100 et 150g.L⁻¹ et l'ajouter à l'urine non acidifiée à raison de 1% en volume (1L pour 100L) ;
- agiter à 50-100 tours par minute pendant 30 minutes puis laisser reposer entre 12 et 24h ;
- 30 • filtrer les urines additionnées à travers un filtre de maille 10µm afin de séparer les urines de la struvite récupérée dans le filtre ;

- ajouter 0,3% en poids de lessive de soude à 30,5% à l'urine filtrée après récupération de la struvite, qui a un pH initial de 8 – 9 (pour 100L d'urine, ajouter 0,3kg de lessive de soude à 30,5%, soit environ 0,2L) ;
 - le mélange a un pH égal à 9,5, il peut être stocké dans ces conditions jusqu'à 6 mois dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière ;
 - filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μm ;
 - ajouter à l'urine basifiée filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Bacillus sp.* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 10 g.L⁻¹ de glucose, à 30°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute) ;
 - récupérer l'urine acidifiée et transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.
- L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :
- basifier 10 L d'urine pour atteindre un pH inférieur ou égal à 9, par ajout de 0,6% de lessive de soude à 30,5% (60g de lessive de soude pour 10L) ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25 μm ;
 - ajouter 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - ajouter 20 g.L⁻¹ de glucose ;
 - faire fermenter à 30°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 2 jours ;
 - la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.
- L'urine basifiée et transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :
- un pH inférieur ou égal à 9,5,
 - une concentration en *Bacillus sp.* de 10⁷ UFC.mL⁻¹,
 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
 - un ratio C/N égal à 3.

Résultats d'essais

Evaluation de la quantité d'hydroxyde de sodium à ajouter sur des urines fraîches (pH = 6,85)

Le but de cet essai est d'évaluer l'effet d'une base, de l'hydroxyde de sodium (NaOH à 30,5%), sur le pH d'urines fraîches.

L'essai a été réalisé sur 1L d'urine fraîche ayant moins de 2 heures de stockage.

Une gamme de concentrations de NaOH a été testée en poids par rapport au poids d'urine, entre 0,05% et 2,5%.

Les résultats sont présentés sur la Figure 1 qui représente la variation du pH de l'urine fraîche en fonction de la concentration en NaOH, et dans le tableau ci-dessous.

[Tableau 1]

NaOH (%)	pH de l'urine fraîche
0,00	6,85
0,05	7,52
0,10	8,44
0,15	8,98
0,20	9,34
0,25	9,61
0,30	9,86
0,35	10,12
0,40	10,32
0,45	10,64
0,50	11,14
0,55	11,6
0,60	11,95
0,65	12,17
0,70	12,34
0,75	12,45
0,80	12,53
1,00	12,54
2,50	13,16

On constate que l'ajout de 0,1% de NaOH permet de basifier l'urine, et que l'ajout de 0,35% permet d'obtenir un pH inférieur à 10. Un pH supérieur à 11 est obtenu après l'ajout de 0,5% de NaOH.

5 Evaluation de la quantité d'hydroxyde de sodium à ajouter sur des urines stockées (pH = 9,38)

Le but de cet essai est d'évaluer l'effet de l'hydroxyde de sodium (NaOH à 30,5%) sur le pH d'urines stockées.

L'essai a été réalisé sur 1L d'urine ayant 15 jours de stockage en récipient hermétique.

10 Une gamme de concentrations de NaOH a été testée en poids par rapport au poids d'urine, entre 0,05% et 2,5%.

Les résultats sont présentés en Figure 2 qui représente la variation du pH de l'urine stockée en fonction de la concentration en NaOH, et sur le tableau ci-dessous.

[Tableau 2]

NaOH (%)	pH de l'urine stockée
0,00	9,38
0,05	9,45
0,10	9,51
0,15	9,57
0,20	9,63
0,25	9,68
0,30	9,73
0,35	9,78
0,40	9,84
0,45	9,88
0,50	9,93
0,55	9,98
0,60	10,03
0,65	10,07
0,70	10,12
0,75	10,16
0,80	10,21
1,00	10,43
2,50	13,05

On constate que l'urine stockée a un pH plus élevé que l'urine fraîche mais qu'il est toutefois nécessaire d'apporter une concentration plus importante en NaOH pour obtenir un pH supérieur à 10, à savoir au moins 0,7% et pour un pH supérieur à 11, plus de 1%.

- 5 Il est ainsi préféré selon l'invention de basifier l'urine fraîche et de ne pas la stocker avant, d'autant que le stockage de l'urine sans basification selon l'invention entraîne une perte de ses caractéristiques et de sa teneur en NPK, notamment via l'hydrolyse de l'urée en ammoniacque.

Exemple 8 : Mesure de la capacité de croissance de l'espèce *Pseudomonas chlororaphis* sur urine basifiée

10

L'objectif de cet exemple est d'évaluer la capacité d'un micro-organisme à se développer sur un milieu à base d'urine basifiée. Le micro-organisme testé dans cet essai est la souche indigène de *Pseudomonas chlororaphis* CNCM I-5793. Cette espèce de bactérie a été choisie en raison de sa capacité de croissance à pH basique démontrée par des études précédentes

15 (Fillon et al., 1999).

Matériel et méthodes

Souche utilisée

- La souche de *P. chlororaphis* utilisée au cours de cette analyse est la souche indigène CNCM I- 5793 isolée à partir d'un échantillon de sol girondin. Cette souche bactérienne appartient à
- 5 la famille des Pseudomonadaceae et à l'ordre Pseudomonadales.

Préculture

- Avant inoculation des bactéries dans l'urine basifiée, une préculture a été réalisée sur milieu liquide. Cette préculture a été effectuée sur le milieu NA liquide (5g/L extrait de levures, 10g/L peptones et 5g/L de NaCl) et en conditions d'aérobiose. Cette étape permet de revivifier les
- 10 cellules et d'obtenir des cellules dans un bon état physiologique et une culture liquide très concentrée en bactéries. Après 2-3 jours de culture à 28°C, les cellules sont lavées à l'eau physiologique (NaCl 9g/L) et reprises également dans l'eau physiologique. Ensuite, la densité optique (600 nm) a été mesurée ($DO_{600} = 0,05$) et le taux d'inoculation est calculé puis ajusté afin de garantir la même concentration de départ dans toutes les cultures (10^5 UFC/mL).

Urines testées

- P. chlororaphis* en pré-culture a été inoculée sur des urines à 2 pH différents : un pH neutre (7) et un pH basique (9). De l'urine fraîche a été utilisée pour préparer les solutions d'urine à pH 7 et à pH 9. Le pH de l'urine fraîche est ajusté à 7 ou 9 par ajout de 0,04 % (p/p) ou 0,15 % (p/p) d'une solution de lessive de soude (NaOH 30%) respectivement. Une fois le pH ajusté,
- 20 l'urine a été additionnée avec une solution de glucose à 40 g/L et ensuite filtrée à 0,2 μ m.

Les bactéries ont été ajoutées et l'urine incubées dans des erlenmeyer de 250 mL à 28°C sous agitation (150 rpm) pendant une période de 3 jours en conditions d'aérobiose en remplissant les erlenmeyers à moitié volume (100 mL).

Comptage des bactéries

- Les dénombrements des populations de *P. chlororaphis* ont été réalisées à T0 au moment de l'inoculation et après 24, 48 et 72h de croissance. Pour cela, des dilutions décimales de la culture à analyser sont réalisées et déposées (en gouttes de 10 μ L) sur boîte de milieu gélosé « Nutrient Agar ». Les boîtes sont ensuite incubées à 28°C, pendant 1 jour jusqu'à obtention des colonies.

Analyse statistique

Afin de savoir si les différences obtenues entre les 2 modalités sont significatives ($p\text{-value} \leq 0,1$), un test de Student a été appliqué après vérification des conditions d'application (normalité des données et homogénéité des variances) et en utilisant le logiciel XLSTAT

Résultats obtenus

Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure 3. Les comptages ont été effectués par comptage des colonies sur boîte de pétri et les résultats sont exprimés en Unité Formant Colonie par mL (UFC/mL).

- 5 Dans un premier temps, les résultats montrent que, quel que soit le pH (7 ou 9), la souche indigène de *P. chlororaphis* est capable de se développer sur milieu urine puisque les populations observées atteignent un niveau $> 1 \times 10^8$ UFC/mL avec un taux d'inoculation initial de 5×10^5 UFC/mL. Après 24 et 48h les résultats montrent des différences significatives entre les 2 modalités avec une population plus élevée sur urine à pH 9 ($7,83 \times 10^7$ UFC/mL à 48h)
- 10 en comparaison avec l'urine à pH 7 ($2,95 \times 10^7$ UFC/mL à 48h). Ce résultat nous indique donc que la croissance de *P. chlororaphis* est avantagée à un pH basique ce qui montre le bénéfice de l'utilisation de l'urine basifiée.

Cet essai permet donc de mettre en évidence un bénéfice de l'utilisation de l'urine basifiée à pH supérieur ou égal à 9 pour certains microorganismes.

REVENDEICATIONS

- [Revendication 1] Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape de basification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur ou égal à 9,
 - 5 - une étape de filtration de l'urine, et
 - une étape de transformation de l'urine par fermentation.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de basification de l'urine est réalisée de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur ou égal à 10.
- 10 [Revendication 3] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre sur de l'urine récoltée depuis moins de 10 heures.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre sur de l'urine récoltée depuis moins de 2 heures.
- 15 [Revendication 5] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine au moins une base choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges.
- [Revendication 6] Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que la base est ajoutée à une concentration comprise entre 0,1 et 10% en poids du poids total du mélange urine et base.
- 20 [Revendication 7] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 0,1 et 1% d'hydroxyde de sodium, en poids du poids total du mélange urine et hydroxyde de sodium.
- 25 [Revendication 8] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de basification est réalisée par ajout d'au moins une base dans le contenant dans lequel les urines sont réceptionnées, en amont de la réception des urines.
- 30 [Revendication 9] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de basification est réalisée en ajoutant à l'urine au moins un mélange de micro-organismes en milieu basique, de telle sorte que la basification est associée à une inoculation de micro-organismes.

- 5 [Revendication 10] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que, après l'étape de basification et avant l'étape de transformation de l'urine par fermentation, il comprend une étape d'ajout d'au moins un acide dans l'urine basifiée de façon à ce qu'elle présente un pH moins élevé que celui obtenu après l'étape de basification.
- [Revendication 11] Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que l'acide est choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique et leurs mélanges.
- 10 [Revendication 12] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que le pH de l'urine avant et/ou pendant transformation par fermentation est adapté à la croissance des micro-organismes utilisés pour la fermentation de l'urine.
- 15 [Revendication 13] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'urine est stockée après l'étape de basification et avant l'étape de filtration, ou après l'étape de filtration et avant l'étape de transformation par fermentation.
- [Revendication 14] Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que l'urine est stockée pendant une durée inférieure ou égale à 6 mois.
- 20 [Revendication 15] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé que la filtration est réalisée sur un filtre de mailles comprises entre 0,1 et 80µm.
- [Revendication 16] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la filtration est réalisée sur un filtre absorbant des composés organiques.
- 25 [Revendication 17] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de transformation de l'urine par fermentation consiste à ajouter dans l'urine au moins une source de carbone et au moins un inoculum de micro-organismes.
- [Revendication 18] Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que la source de carbone est ajoutée à raison de 1 à 50 g.L⁻¹ par rapport au volume d'urine à transformer.
- 30 [Revendication 19] Procédé selon l'une des revendications 17 ou 18, caractérisé en ce que la source de carbone est choisie parmi le fructose, le glucose, le lactose, le maltose, le saccharose, le sirop de glucose, sirop de malte ainsi que les polyols tels que le mannitol ou le sorbitol et leurs mélanges.

- [Revendication 20] Procédé selon l'une des revendications 17 à 19, caractérisé en ce que l'inoculum de micro-organismes est ajouté à raison de 0,1 à 10% en volume par rapport au volume du mélange d'urine et de la source de carbone.
- 5 [Revendication 21] Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que l'inoculum de micro-organismes est obtenu à partir d'une solution mère comprenant au moins une source de carbone, une bactérie ou un mélange d'au moins deux bactéries, et une urine basifiée ou acidifiée présentant un pH adapté à la fermentation de ladite bactérie ou dudit mélange de bactéries.
- 10 [Revendication 22] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la fermentation est réalisée avec au moins une bactérie choisie parmi les bactéries de la famille des Paenibacillaceae, des Bacillaceae, des Pseudomonadaceae, des Burkholderiaceae, des Micrococcaceae, et leurs mélanges.
- 15 [Revendication 23] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de fermentation comprend une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'un acide.
- [Revendication 24] Urine transformée, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 23, caractérisée en ce qu'elle
- 20 présente au moins l'une des caractéristiques suivantes :
- un pH supérieur à 9, et
 - une concentration en micro-organismes d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹.
- [Revendication 25] Urine transformée selon la précédente revendication, caractérisée en ce qu'elle présente une concentration en bactéries d'au moins 10^7 UFC.mL⁻¹.
- 25 [Revendication 26] Urine transformée selon l'une des revendications 24 ou 25, caractérisée en ce qu'elle présente également au moins l'une des caractéristiques suivantes :
- un taux de matière sèche supérieur ou égal à 1%,
 - un ratio NH₄/N-total inférieur ou égal à 30%,
 - un ratio N-urétique/N-total supérieur ou égal à 50%,
 - un ratio C/N supérieur ou égal à 1, préférentiellement supérieur ou égal à 2.
- 30 [Revendication 27] Urine transformée selon l'une des revendications 23 à 26, caractérisée en ce qu'elle se présente sous forme liquide ou sous forme solide.

[Revendication 28] Fertilisant comprenant au moins une urine transformée selon l'une des revendications 24 à 27.

[Revendication 29] Utilisation d'une urine transformée selon l'une des revendications 24 à 28, comme matière fertilisante.

- 5 [Revendication 30] Utilisation d'une urine transformée selon l'une des revendications 24 à 29, pour la stimulation de la croissance des plantes.

[Revendication 31] Utilisation selon l'une des revendications 29 à 31, caractérisée en ce que l'urine transformée est diluée dans l'eau à raison de 1 à 50 mL d'urine transformée liquide par litre d'eau.

- 10 [Revendication 32] Utilisation de co-produits obtenus au cours de l'étape de fermentation lors de la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 23, comme matière fertilisante, produit phytosanitaire, produit de biocontrôle.