

PROCEDE DE TRAITEMENT DE L'URINE HUMAINE OU ANIMALE PAR DILUTION ET FERMENTATION 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 FR2371399 décrivant un procédé de traitement des déchets d'origine animale, en particulier pour leurs utilisations dans l'alimentation d'animaux
15 ou sur les sols.

Le document KR20040062918 décrit une méthode de compostage de fumier.

Le document US6379546 décrit un procédé de traitement des eaux usées à des fins de recyclage.

Le document CN111377759 décrit un procédé de preparation d'engrais liquid à partir d'excréments d'animaux.
20

Les procédés décrits dans l'art antérieur ne sont pas adaptés au traitement de l'urine seule. A partir des procédés décrits dans l'art antérieur, il n'est pas possible d'obtenir une matière fertilisante stable, riche en microorganismes, riche en NPK et répondant aux critères d'innocuité des réglementations en vigueur.

25 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 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 ammoniaque, ce qui rend son utilisation industrielle inadaptée et impossible actuellement.

- 5 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.

Résumé de l'invention

- 10 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 par fermentation. Toutefois, l'urine peut être trop chargée en éléments nutritifs pour certains micro-organismes. Notamment l'urine peut être trop chargée en sel (NaCl) qui peut avoir un impact osmotique négatif sur les micro-organismes, notamment sur les bactéries et en azote qui peut être en concentrations toxiques.

- 15 Ainsi les inventeurs proposent un procédé de traitement de l'urine comprenant au moins une étape de dilution de façon à avoir des concentrations optimales en éléments minéraux pour la fermentation microbienne.

- 20 En particulier l'invention a pour objet un procédé de traitement de l'urine humaine ou animale comprenant au moins une étape de fermentation de l'urine par des micro-organismes, préférentiellement des bactéries, précédé par au moins une étape de dilution de l'urine dans une solution, préférentiellement dans l'eau, préférentiellement à un facteur compris entre 1/2 et 1/100.

- 25 Selon un mode de réalisation particulièrement adapté, le procédé selon l'invention est un procédé de traitement de l'urine humaine ou animale, préférentiellement de l'urine fraîche, comprenant au moins les étapes suivantes :

- une étape d'acidification ou de basification de l'urine,
- une étape de filtration de l'urine,
- une étape de dilution de l'urine dans une solution, préférentiellement dans l'eau ou dans une solution nutritive,
- 30 - préférentiellement une étape de stabilisation du pH à une valeur désirée (acide, basique ou neutre),
- une étape de transformation de l'urine par fermentation.

La mise en œuvre de la dilution de l'urine, préférentiellement suivie ou précédée par une étape de stabilisation du pH, permet de réaliser la fermentation avec tout type de microorganismes, car l'urine acidifiée ou basifiée non diluée comprend des éléments nutritifs, tels que le sel et l'azote, en concentrations toxiques pour certains microorganismes, ainsi qu'un pH limitant la croissance de certains microorganismes.

Le procédé peut comprendre d'autres étapes et notamment une étape optionnelle préalable aux autres étapes, 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, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé, et qui présente au moins l'une des caractéristiques suivantes : une concentration en sel (NaCl) inférieure à 0,15 % en poids / volume (1,5g/L) et une concentration en azote total inférieure à 0,5% en poids / volume (5g/L) (les pourcentages sont donnés en poids de sel ou d'azote par rapport au volume d'urine transformée). Sans la dilution, l'urine pourrait contenir des concentrations en sel et en azote trop importantes pour son utilisation, en particulier pour la fermentation de certains microorganismes.

L'invention concerne aussi l'utilisation d'une telle urine transformée, en particulier comme matière fertilisante, notamment comme matière première fertilisante à base d'inoculum de micro-organismes, préférentiellement à base 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.

25 Brève description des Figures

- Figure 1a représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la dilution d'une urine fraîche (récoltée depuis moins de 2 heures) avec de l'eau déminéralisée.

-Figure 1b représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la dilution d'une urine stockée (stockée depuis 5 jours) avec de l'eau déminéralisée.

30 - Figure 2a représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la dilution d'une urine fraîche acidifiée (récoltée depuis moins de 2 heures, acidifiée à pH 3) avec de l'eau déminéralisée.

- Figure 2b représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour la dilution d'une urine fraîche basifiée (récoltée depuis moins de 2 heures, basifiée à pH 11) avec de l'eau déminéralisée.

- Figure 3 représente, sous forme d'histogramme, les concentrations de *E. meliloti* (UFC/mL) observées après 72, 96, 120, 144 et 168 heures de croissance sur urine pure, urine diluée au 1/2 et au 1/5. Les * représentent les différences significatives entre les différents niveaux de dilution.

- Figure 4a représente, sous forme d'histogramme, les mesures comparatives du nombre de gousses de soja obtenues près inoculation avec les produits commerciaux (FORCE 48 et RHIZOFLO contenant un adhésif comme l'invention) et avec un produit selon l'invention (RHIZOPI + adhésif).

-Figure 4b représente, sous forme d'histogramme, les mesures comparatives du ratio grains / nombre de gousses de soja obtenues après inoculation avec les produits commerciaux (FORCE 48 et RHIZOFLO contenant un adhésif comme l'invention) et avec un produit selon l'invention (RHIZOPI + adhésif).

-Figure 5 représente, sous forme d'histogramme, les mesures comparatives du rendement après inoculation avec les produits commerciaux (FORCE 48 et RHIZOFLO contenant un adhésif comme l'invention) et avec un produit selon l'invention (RHIZOPI + adhésif).

20 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.

Par « urine acidifiée » au sens de l'invention, on entend une urine dont la valeur de pH a été diminuée par rapport à la valeur de pH de l'urine initiale. Le pH de l'urine acidifiée est un pH acide.

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.

Par « urine diluée » au sens de l'invention, on entend une urine fraîche ou stockée, acidifiée ou non, basifiée ou non, qui a été diluée dans une solution, préférentiellement dans l'eau ou dans une solution nutritive, à un certain facteur.

Par « urine fraîche » au sens de l'invention, on entend une urine qui a été récoltée depuis moins de 10 heures, préférentiellement depuis moins de 5 heures, encore plus préférentiellement depuis moins de 2 heures, et en particulier depuis moins d'1 heure.

5 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 dilution et fermentation.

Procédé de traitement de l'urine

10 L'invention a donc pour objet un procédé de traitement de l'urine humaine ou animale, comprenant au moins une étape de fermentation de l'urine précédée par au moins une étape de dilution de l'urine dans une solution, préférentiellement dans de l'eau ou dans une solution nutritive.

15 Ainsi l'invention a pour objet un procédé de l'urine humaine ou animale, comprenant au moins les étapes suivantes :

- dilution de l'urine dans l'eau ou solution nutritive, préférentiellement à un facteur compris entre 1/2 et 1/100 et
- transformation de l'urine par fermentation.

20 Selon un mode de réalisation particulier, 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 :

- une étape de basification ou d'acidification de l'urine, permettant un stockage jusqu'à 6 mois,
- une étape de dilution de l'urine dans l'eau ou solution nutritive,
- 25 - une étape de filtration de l'urine,
- une étape de transformation de l'urine par fermentation.

L'étape de dilution peut être réalisée avant ou après la filtration.

Selon une variante la dilution peut être réalisée en plusieurs fois, et le procédé selon l'invention peut comprendre plusieurs étapes de dilution successives ou entrecoupées
30 d'autres étapes.

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

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.

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

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 ou un ou plusieurs acides pour la mise en œuvre de l'étape d'acidification.

- 10 De façon optionnelle, le procédé selon l'invention peut éventuellement comprendre une étape complémentaire, qui consiste à précipiter des co-produits générés lors de l'étape de stockage avant dilution et/ou basification et/ou acidification. Ces co-produits sont 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
15 présente dans l'urine, le procédé consiste à ajouter des sels de magnésium en solution afin de précipiter le phosphore présent dans de l'urine stockée sans stabilisant, préférentiellement à un ratio volumétrique de 1 : 1 (Mg : P). Ce précipité peut être récupéré par filtration sur un filtre de maille 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
20 séchage à l'air libre afin d'obtenir un matériau sous forme liquide ou solide.

La première étape du procédé selon l'invention est préférentiellement réalisée sur une urine fraîche qui a été récoltée moins de 10 heures avant la mise en œuvre de la première étape du procédé selon l'invention, préférentiellement moins de 5 heures, encore plus préférentiellement moins de deux heures et idéalement moins d'une heure.

- 25 L'étape de dilution de l'urine est réalisée avec de l'eau ou dans une solution nutritive.

L'eau utilisée pour la dilution est préférentiellement de l'eau déminéralisée.

- La solution nutritive est préférentiellement de l'eau, de façon préférée de l'eau déminéralisée, à laquelle il a été ajouté une source de carbone (sucre) et/ou tout autre facteur de croissance adapté à tout micro-organismes, préférentiellement adapté aux bactéries (tels
30 que des extraits de levure et/ou du sang séché et/ou des éléments minéraux, etc.), en particulier des facteurs de croissance bactérienne absents de l'urine, de telle manière que la solution de dilution puisse apporter des éléments nutritifs complémentaires à ceux de l'urine.

De façon préférée l'étape de dilution est mise en œuvre avant l'étape de fermentation de façon à ce que l'urine présente une constitution en éléments nutritifs, en particulier en sel et

azote, adaptée à tout micro-organisme, préférentiellement une concentration en sel (NaCl) inférieure à 0,15% en poids et une concentration en azote inférieure à 0,5% en poids. Selon un mode de réalisation particulièrement adapté, la dilution est réalisée dans l'eau ou solution nutritive à un facteur compris entre 1/2 et 1/100.

- 5 L'étape de basification de l'urine, lorsqu'elle est mise en œuvre, est préférentiellement 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 9 permet d'inhiber la croissance des pathogènes et empêche la réaction spontanée d'hydrolyse de
- 10 l'urée en ammoniacque, donc l'urine conserve sa concentration en azote. La basification notamment peut permettre également à l'urine de présenter le pH nécessaire à la fermentation de l'urine par certains micro-organismes notamment certaines bactéries.

- 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
- 15 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 les oxydes associés et leurs mélanges.

- Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la base (ou les bases) utilisée pour
- 20 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
- 25 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
- 30 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 ammoniaque. 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
5 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
10 remplacées par un mélange de micro-organismes en milieu basique, préférentiellement un mélange de bactéries, de telle sorte que la basification est associée à une inoculation de micro-organismes, préférentiellement au moins 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
15 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%.

20 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 2 ; il peut être supérieur ou égal à 10.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'étape de basification a une durée inférieure à
25 12 jours, encore plus préférentiellement inférieure à 7 jours, et en particulier entre 12 heures et 7 jours.

L'étape d'acidification de l'urine est préférentiellement réalisée de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6, préférentiellement inférieur ou égal à 5,5 et selon un mode de réalisation inférieur ou égal à 4. L'acidification de l'urine à un pH inférieur à 6 permet d'inhiber
30 la croissance des pathogènes et empêche la réaction spontanée d'hydrolyse de l'urée en ammoniaque, donc l'urine conserve sa concentration en azote. L'acidification permet également à l'urine de présenter le pH nécessaire à la fermentation, notamment à la fermentation lactique.

L'étape d'acidification peut être réalisée par tout moyen permettant d'obtenir une urine avec le pH acide désiré. En particulier, l'étape d'acidification peut être réalisée en ajoutant à l'urine au moins un ajusteur de pH acide, préférentiellement au moins un acide, et encore plus préférentiellement au moins un acide choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique et l'acide lactique.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, l'acide utilisé pour acidifier l'urine est ajouté à l'urine à une concentration comprise entre 0,1 et 10% en poids du poids total du mélange constitué par l'urine et l'acide, préférentiellement entre 0,5 et 2,5%.

Lorsque l'étape d'acidification est réalisée en ajoutant au moins de l'acide lactique à l'urine, préférentiellement l'étape d'acidification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 0,5 et 5% d'acide lactique en poids du poids total du mélange urine et acide, encore plus préférentiellement entre 1 et 2%.

Lorsque l'étape d'acidification est réalisée en ajoutant au moins des micro-organismes en milieu acide, préférentiellement des bactéries en milieu acide, l'étape d'acidification est de façon préférée réalisée en ajoutant à l'urine entre 1 et 10% du mélange de micro-organismes en milieu acide en poids du poids total du mélange urine et acidifiant, encore plus préférentiellement entre 3 et 5%.

L'étape d'acidification 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 d'acidification est réalisée par ajout d'au moins un acide 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 l'acide.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le ou les acides peuvent être remplacés par un mélange de micro-organismes en milieu acide, préférentiellement par un mélange de bactéries en milieu acide, de telle sorte que l'acidification est associée à une inoculation de bactéries. Ainsi, dans ce mode de réalisation, l'étape d'acidification du procédé selon l'invention est réalisée en ajoutant à l'urine au moins un mélange de bactéries en milieu acide, de telle sorte que l'acidification est associée à une inoculation de bactéries.

Préférentiellement, en fin d'étape d'acidification :

- 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 2 ; il peut être supérieur ou égal à 10.

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

- 5 Le procédé selon l'invention peut comprendre une étape supplémentaire de stockage de l'urine. L'urine peut être stockée à tout moment du procédé, préférentiellement à tout moment après l'étape de basification ou acidification et avant l'étape de fermentation, et selon un mode de réalisation adapté, juste après l'étape de basification ou acidification de l'urine. Selon une variante, le procédé peut comprendre plusieurs étapes de stockage à
10 différents moments du procédé.

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
15 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.

- 20 Le procédé selon l'invention, avant ou après stockage éventuel, préférentiellement juste avant l'étape de transformation par fermentation, comprend préférentiellement 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
25 sels résiduels et toutes autres particules pouvant être présentes (feuilles mortes, gravier, etc...).

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.

- 30 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.

Le procédé selon l'invention comprend une étape de fermentation, c'est-à-dire de transformation de l'urine 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.

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 peuvent être des bactéries lactiques (dans ce cas pour la fermentation on parle spécifiquement de fermentation lactique ou lacto-fermentation) ou des bactéries non lactiques. Une ou plusieurs bactéries peuvent être utilisées pour la fermentation. La fermentation peut donc être réalisée avec au moins deux bactéries différentes. Il peut s'agir d'au moins deux bactéries lactiques différentes dans le cas où la fermentation est une fermentation lactique.

Si la fermentation est réalisée avec une ou plusieurs bactéries non lactiques, celles-ci sont préférentiellement choisies parmi les bactéries appartenant à au moins un des ordres suivants : *Rhizobiales* (en particulier les familles des *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 *Flavobactericeae*), *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.

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

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

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 un inoculum de bactéries.

5 La source de carbone est préférentiellement ajoutée à raison de 1 à 40g.L⁻¹ par rapport au volume d'urine basifiée et filtrée ou acidifiée 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.

10 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 ou acidifiée et filtrée et de la source de carbone.

15 L'inoculum de micro-organismes 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 :

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

Selon un autre exemple, l'inoculum peut être obtenu notamment à partir d'une solution mère constituée au moins par :

- 25 - de l'urine acidifiée présentant un pH inférieur ou égal à 6, préférentiellement un pH identique ou proche de celui de l'urine que l'on veut transformer par fermentation,
- une source de carbone,
 - et au moins une bactérie.

30 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.

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.

- 5 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, 10 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 15 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 20 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 25 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

30 - l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Rhizobiaceae*, à une température comprise entre 20 et 35°C, préférentiellement 30°C, pendant 2 à 5 jours, préférentiellement 3 jours, sur une urine à pH compris entre 6 et 8, préférentiellement 7, avec ajout de sucre, préférentiellement de glucose, entre 10 et 30g.L⁻¹, préférentiellement à 20g.L⁻¹,

- 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, 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 45g.L⁻¹, préférentiellement à 40g.L⁻¹,
5
- 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, 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,
10 préférentiellement à 20g.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, 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,
15 préférentiellement à 30g.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 10g.L⁻¹, préférentiellement à 5g.L⁻¹,
20
- l'utilisation d'une ou plusieurs bactéries de la famille des *Bifidobacteriaceae*, 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 15g.L⁻¹,
25 préférentiellement à 10g.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
30 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.

Selon une variante du procédé, celui-ci peut comprendre une étape supplémentaire d'ajustement du pH, 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 ou d'une base dans l'urine préférentiellement préalablement basifiée ou acidifiée. 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 ou d'acidification. L'ajout de la base est réalisé de façon à ce que l'urine présente un pH plus élevé que celui obtenu après l'étape de basification ou d'acidification. Le pH est ajusté de façon à ce que l'urine présente un pH adapté à la croissance des micro-organismes utilisés pour la fermentation de l'urine. L'ajustement du pH peut également être effectué lorsque l'urine acidifiée ou basifiée est diluée. L'ajustement du pH à la valeur désirée est réalisé en modifiant la concentration de l'acide ou de la base dans l'urine en fonction du pH de l'urine avant cet ajout, du pH désiré, et de l'acide ou de la base utilisé.

- Préférentiellement, l'acide utilisé pour l'étape d'ajout d'un acide dans l'urine pour ajustement du pH 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.

Préférentiellement, la base utilisée pour l'étape d'ajout d'une base dans l'urine pour ajustement du pH peut être notamment choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges, ainsi que leurs oxydes respectifs.

- Cette variante du procédé comprenant au moins une étape d'ajustement ou stabilisation du pH, au lieu d'atteindre le pH désiré uniquement par basification ou acidification de l'urine après récolte, 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 ou une base, ou acidification de l'urine selon l'invention puis ajout d'au moins une base ou un acide. Ainsi, quelle que soit la variante, avec ou sans ajout d'acide ou de base, 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 utilisés pour la 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 utilisés pour la fermentation de l'urine. Le pH de l'urine est en outre à adapter aux conditions de fermentation des micro-organismes utilisés pour la fermentation. Il peut être basique (supérieur à 7, à 8, à 9, à 10, à 11, à 12 ou 13), ou acide (inférieur à 7, à 6, à 5, à 4, à 3 ou à 2) ou il peut être neutre (pH = 7).

L'étape d'ajout d'un acide ou d'une base dans l'urine basifiée ou acidifiée peut être réalisée à tout moment du procédé après l'étape de basification ou d'acidification et avant l'étape de transformation de l'urine par fermentation, notamment après l'étape de dilution.

Lors de la fermentation, il peut également être nécessaire de stabiliser ou ajuster 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, 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 :

- basification de l'urine (préférentiellement d'une urine fraîche), préférentiellement de façon à ce que l'urine présente un pH supérieur à 9, préférentiellement supérieur à 10, ou acidification de l'urine, préférentiellement de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur ou égal à 6,
- éventuellement stockage de l'urine basifiée ou acidifiée,
- éventuellement ajustement du pH de l'urine au pH désiré par ajout d'une base ou d'un acide,
- filtration de l'urine,
- éventuellement stockage, préférentiellement à une température inférieure à 10°C, notamment entre 0 et 5°C, et préférentiellement pendant moins de 7 jours,
- dilution de l'urine dans l'eau,
- fermentation, comprenant éventuellement une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'un acide.

L'ordre des étapes de dilution, ajustement du pH et filtration peut être interverti (ajustement du pH, dilution, filtration ; ajustement du pH, filtration, dilution ; filtration, dilution, ajustement du pH ; filtration, ajustement du pH, dilution ; dilution, filtration, ajustement du pH ; dilution ajustement du pH, filtration).

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 ou acidification, entre la basification ou acidification et la fermentation ou après fermentation,

notamment la récupération de co-produits tels que de la struvite et des biofilms provenant de micro-organismes, notamment des bactéries.

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
5 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
10 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
15 mise en œuvre du procédé selon l'invention, c'est-à-dire transformée au moins par dilution et fermentation.

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

- une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹, préférentiellement au moins 10^7 UFC.mL⁻¹,
20
- une concentration en sel inférieure à 0,15 % en poids,
- une concentration en azote inférieure à 0,5% en poids.

Le pH de l'urine transformée selon l'invention peut être basique (supérieur à 7, à 8, à 9, à 10, à 11, à 12 ou 13), ou acide (inférieur à 7, à 6, à 5, à 4, à 3 ou à 2) ou il peut être neutre (pH =
25 7).

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 0,5% ; ceci présente l'avantage d'avoir une
30 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 les bactéries ;

- un ratio N-urétique/N-total supérieur ou égal à 50% ; cette caractéristique permet d'avoir une source d'azote non assimilable par les micro-organismes, préférentiellement les bactéries, mais libérant de l'azote pour les végétaux lorsque l'urine transformée est utilisée sur des végétaux ;

- 5 - un ratio C/N supérieur ou égal à 2 ; 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 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, préférentiellement en matière plastique opaque ou en métal résistant à la corrosion de produits acides ou de produits basiques.

- 15 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 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

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 :

- 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.

Elle peut être utilisée également en combinaison avec d'autres matières fertilisantes, comme
5 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.

Selon un mode de réalisation particulier, pour certaines utilisations l'urine transformée selon
l'invention peut être utilisée en combinaison avec des excipients ou additifs tels que
10 notamment un ou plusieurs adhésifs connus de l'homme du métier pour fixer les micro-
organismes sur les parties végétales d'intérêt notamment sur des semences.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'urine transformée est utilisée pour stimuler la
croissance des végétaux, notamment en stimulant la croissance en phase végétative par
l'intermédiaire de facteurs de croissance (« Plant Growth Promoting Factors ») produits par
15 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
les apports au champ, la dose d'utilisation de produit liquide est préconisée entre 5 à 50L/ha
dilué dans 50 à 500L d'eau. Pour les autres apports, comme pour des plantes en pots, le
20 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
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.

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

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.

30 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 :

- avant acidification ou basification : des minéraux, en particulier des minéraux choisis parmi l'azote, le potassium et le phosphore (struvite),
- 5 - 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. Le biofilm bactérien de surface est 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
- 10 et 10 μ m. 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.

Ces co-produits présentent des caractéristiques qui permettent avantageusement leur utilisation comme matière fertilisante, produit phytosanitaire, de biocontrôle ou tout autre

15 usage agricole.

Exemples

L'invention est à présent illustrée par des exemples.

Exemple 1 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec dilution et *Frankia* sp.

- 20 Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :
- ajouter l'urine fraîche à pH initial (6,5 à 7) dans un contenant en plastique ;
 - diluer l'urine (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
 - ajouter à l'urine 30 g.L⁻¹ de glucose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Frankia* sp. (1L pour 100L d'urine), à 32°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par
 - 25 minute) ;
 - récupérer l'urine transformée.
- la concentration finale en bactérie est de l'ordre de 10⁷ UFC.mL⁻¹.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- dilution d'urine (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
- 30 - filtration avec un filtre de maille 0,2 μ m ;
- ajouter 30g.L⁻¹ de glucose ;
- ajouter 100mg de la souche de *Frankia* sp conservée sous forme liquide concentrée ;

- faire fermenter (croissance bactérienne) à 32°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 3 jours ;

- la concentration finale en bactéries obtenue dans l'inoculum est de l'ordre de 10^6 UFC.mL⁻¹.

L'urine transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :

- 5 - un pH d'environ 7,
- une concentration en bactéries supérieure à 10^7 UFC.mL⁻¹,
- une concentration en sel inférieure à 0,05% en poids,
- une concentration en azote inférieure à 0,1% en poids,
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- 10 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 30.

Exemple 2 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec basification au NaOH, dilution de l'urine acidifiée et Kocuria sp.

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

- 15 - 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) ;
- 20 - le mélange a un pH supérieur égal à 9,0, 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 ;
- diluer l'urine basifiée (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
- 25 - ajouter à l'urine diluée 20g.L⁻¹ de fructose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Kocuria sp.* (1L pour 100L d'urine diluée), à 30°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute) ;
- récupérer l'urine basifiée, diluée et transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.
- 30 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) ;
- diluer l'urine (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
- filtrer l'urine basifiée avec un filtre de maille 0,2 μ m ;
- 5 - ajouter 20g.L⁻¹ de fructose ;
- ajouter 100mg de la souche de *Kocuria sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- faire fermenter à 30°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 3 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 égal à 8,
 - une concentration en bactéries supérieure à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
 - une concentration en sel inférieure à 0,1% en poids,
 - une concentration en azote inférieure à 0,1% en poids,
- 15 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- un ratio N-uréique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 20.

Exemple 3 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec basification au NaOH, dilution, ajustement du pH et Rhizobium sp.

- 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 9,0, 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 ;
 - diluer l'urine basifiée (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
 - 30 - ajuster / stabiliser le pH avec ajout d'acide nitrique et de lessive de soude pour avoir un pH = 7 ;

- filtrer l'urine à pH 7 avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
 - ajouter à l'urine diluée 15g.L⁻¹ de saccharose, et ajouter 1 % en volume d'un inoculum de *Rhizobium sp.* (1L pour 100L d'urine diluée), à 30°C pendant 5 jours sous agitation continue (environ 150 tours par minute) ;
- 5 - 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) ;
- 10 - diluer l'urine (1 volume d'urine pour 9 volumes d'eau déminéralisée),
- ajuster / stabiliser le pH avec ajout d'acide nitrique et de lessive de soude pour avoir un pH = 7 ;
 - filtrer l'urine à pH 7 avec un filtre de maille 0,2µm ;
 - ajouter 15g.L⁻¹ de saccharose ;
- 15 - ajouter 100mg de la souche de *Rhizobium sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- faire fermenter à 30°C sous agitation continue (environ 150 tours par minute) pendant 3 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 :

- 20 - un pH neutre à environ 7,
- une concentration en bactéries supérieure à 10⁸ UFC.mL⁻¹,
 - une concentration en sel inférieure à 0,1% en poids,
 - une concentration en azote inférieure à 0,1% en poids,
 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- 25 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 15.

Exemple 4 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec de l'acide lactique, dilution et *Lactobacillus sp.*

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

- déposer 1% en poids d'acide lactique dans le fond du contenant en plastique (pour 100L d'urine, ajouter 1kg d'acide lactique, soit environ 0,83L)
- ajouter l'urine à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,83L d'acide lactique, compléter à 100L) ;
- 5 - le mélange a un pH égal à 4,0, 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 ;
- diluer l'urine acidifiée (1 volume d'urine pour 1 volume d'eau déminéralisée),
- filtrer l'urine acidifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μ m ;
- ajouter à l'urine acidifiée et filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Lactobacillus sp.* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 25g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc), à 34°C pendant 10 jours sous agitation continue (entre 50 et 100 tours par minute) ;
- 10 - récupérer l'urine acidifiée et transformée après récupération des coproduits et notamment du biofilm formé.

L'inoculum utilisé a été préalablement obtenu comme suit :

- 15 - 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) ,
- diluer l'urine acidifiée (1 volume d'urine pour 1 volume d'eau déminéralisée),
- filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25 μ m ;
- ajouter 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- 20 - ajouter 25g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc) ;
- faire fermenter à 30°C pendant 5 jours ;
- la concentration finale en bactéries obtenue est de l'ordre de 10⁶ UFC.mL⁻¹.

L'urine acidifiée et transformée obtenue présente les caractéristiques suivantes :

- un pH inférieur ou égal à 5,
- 25 - une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
- une concentration en sel inférieure à 0,15% en poids,
- une concentration en azote inférieure à 0,5% en poids.
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- un ratio N-uréique/N-total égal à 60%,
- 30 - un ratio C/N égal à 3.

Résultats d'essais

Evaluation de facteurs dilution sur des urines

Le but de cet essai est d'évaluer l'effet de la dilution sur le pH d'urines fraîches.

- 5 L'essai a été réalisé sur 1L d'urine fraîche ayant moins de 2 heures de stockage, ou d'urine stockée pendant 5 jours, ou d'urine acidifiée avec de l'acide lactique (1% en poids), ou d'urine basifiée avec de la lessive de soude (0,6% en poids).

Une gamme de facteurs de dilution avec de l'eau déminéralisée a été testée, entre 1/2 et 1/20

Les résultats sont présentés sur la Figure 1a, 1b, 2a et 2b et dans le tableau ci-dessous.

- 10 [Tableau 1]

Facteur dilution	pH de l'urine fraîche (Figure 1a)	pH de l'urine stockée (Figure 1b)	pH de l'urine acidifiée (Figure 2a)	pH de l'urine basifiée (Figure 2b)
0	6,85	9,38	3,03	11,04
1/2	6,27	9,29	3,24	10,63
1/3	6,38	9,26	3,4	10,41
1/4	6,47	9,23	3,51	10,31
1/5	6,51	9,2	3,6	10,17
1/10	6,74	9,15	4,17	9,92
1/20	7,14	9,13	5,57	9,6

On constate que la dilution permet d'atteindre un pH neutre pour l'urine fraîche. Les effets de la dilution sur le pH de l'urine stockée, acidifiée et basifiée n'entraînent en moyenne qu'une différence de 1 à 2 points de pH.

Exemple 4 : Mesure de la capacité de croissance de Ensifer meliloti dans de l'urine diluée.

- 15 **Objectifs**

- Évaluer la capacité de l'espèce bactérienne Ensifer meliloti (connue pour être en symbiose avec les légumineuses, en particulier la luzerne, en formant des nodules sur les racines et facilitant ainsi la fixation d'azote par la plante) à se développer sur urine.

- 20 - Caractériser un milieu de culture optimal à base d'urine humaine permettant la meilleure croissance de E. meliloti.

Principe du test

Le principe de ce test se base sur une comparaison de la croissance bactérienne de plusieurs cultures de *E. meliloti* selon différentes modalités (urine pure, urine diluée au 1/2 et urine diluée au 1/5) afin de déterminer le niveau de dilution idéal pour la croissance de la bactérie.

Matériel et méthodes

5 *Souche utilisée*

La souche de *Ensifer meliloti* est utilisée.

Détermination des conditions de culture

Le choix des conditions de croissance de *E. meliloti* a été réalisé en se basant sur une comparaison des concentrations d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) présents
10 dans le milieu de culture de référence (milieu de Wright) et ceux présents dans l'urine.

Dans un premier temps, la concentration en azote du milieu de référence choisi est nulle contrairement au milieu à base d'urine qui contient 5 g/L de cet élément. En ce qui concerne le phosphore, la concentration présente dans l'urine est de 0,5 g/L ce qui est supérieur à celle du milieu de référence qui est de 0,09 g/L. De même, la concentration en potassium est plus
15 élevée dans l'urine que dans le milieu de référence de respectivement 1,5 g/L et 0,22 g/L. On peut donc conclure que l'urine est plus riche en azote, phosphore et potassium que le milieu de culture de référence. Se basant sur ces éléments, on peut supposer que le niveau de dilution optimale pour la croissance de *B. meliloti* est de 1/5. Cependant, des essais ont été effectuées sur trois milieux de culture différents : urine pure, urine diluée au 1/2 et urine
20 diluée au 1/5 afin de vérifier l'hypothèse.

Au niveau des substrats carbonés, le saccharose est le sucre essentiellement présent dans la plupart des milieux de culture utilisés pour la croissance de *E. meliloti* (Shamala, 2006). Dans un objectif de croissance optimale de la bactérie, toutes les cultures ont été réalisées en utilisant uniquement le saccharose comme substrat carboné et à une concentration de 10
25 g/L. Suivant la même réflexion, le pH a été fixé à 7 et la température à 34°C pour une fermentation en condition d'aérobiose.

Croissance sur différents milieux de culture

Pour stériliser l'urine utilisée dans ce test, une filtration préalable a été réalisée à 0,2 µm et le pH été mesuré et ajusté à 7 par ajout de soude (NaOH 30%).

30 Dans un premier temps une pré-culture a été réalisée à partir de colonies issues du tube de gélose fournit par l'INRAE. Les colonies ont été inoculées dans un erlenmeyer de 250 mL contenant un volume de 100 mL du milieu de culture *Rhizobium* (10,0g mannitol, 0,5g hydrogénophosphate de potassium, 0,2g sulfate de magnésium, 0,1g NaCl, 1,0g extrait de levure). Cette pré-culture a permis de revivifier les cellules et d'obtenir une culture liquide

très concentrée en bactéries. Après 2 jours d'incubation à 34°C, la densité optique de la pré-culture a été mesurée et le taux d'inoculation est calculé puis ajusté afin de garantir une densité optique de 0,05 dans toutes les cultures. Trois répliques ont été réalisés pour chaque modalité (non dilué, dilué au demie et dilué au 5ème).

- 5 Ces dernières ont été réalisées dans des volumes de culture de 100mL contenu dans des erlenmeyers de 250 mL et incubées à 34°C sous agitation (350 rpm) pendant une période de 6 jours. *E. meliloti* étant une bactérie aérobique, les erlenmeyers contenant les cultures ont été bouchés avec du coton afin de laisser faire les échanges de gaz.

Comptage des bactéries

- 10 Le dénombrement des bactéries cultivables ou UFC (unité formant colonie), a été réalisé par comptage des colonies. Pour cela, des dilutions décimales de la culture à analyser sont réalisées et déposées (en gouttes de 10 µL) sur boîte de milieu gélosé « Rhizobium ». Les boîtes sont incubées à température ambiante pendant quelques jours jusqu'à l'obtention des colonies suffisamment visible pour les dénombrer.

- 15 *Analyse statistique*

Afin de savoir si les différences obtenues entre les cultures sont significatives un test statistique a été réalisé. Les données quantitatives continues et indépendantes ne suivent pas la loi normale. Etant donné que 3 groupes ont été étudiés, c'est le test de Kruskal-Wallis qui a été choisi pour étudier la significativité de la différence entre les résultats. Cette différence est considérée comme significative lorsque $p\text{-value} \leq 0,05$

- 20

Résultats obtenus

Les résultats de la croissance de *E. meliloti* sur urine pure, urine diluée au 1/2 et urine diluée au 1/5 sont présentés dans la figure 3. Pour chaque modalité, les valeurs correspondent à la moyenne de 3 différents comptages effectués sur chaque réplique et les barres d'erreurs correspondent aux écarts types de ces moyennes.

- 25

Les résultats de croissance montrent qu'après 96h de culture, on observe une différence significative de la concentration bactérienne entre l'urine pure et l'urine diluée au 1/5. La concentration bactérienne reste stable jusqu'à 168h dans l'urine diluée au 1/5.

Etant donné que le taux d'inoculation a été ajusté à une concentration initiale de 2×10^6

- 30 UFC/mL, ces résultats indiquent pour la première fois que l'espèce *E. meliloti* est capable de croître sur urine.

Conclusion

Pour conclure, cet essai a permis de :

- Mettre en évidence, pour la première fois, la capacité de la souche bactérienne Ensifer meliloti à se développer dans un milieu de culture à base d'urine.
- Définir, parmi les modalités testées, le milieu urine diluée au 1/5 pour son intérêt dans la culture de la souche bactérienne de l'espèce Ensifer meliloti

5 Exemple 5 : Mesure de l'efficacité de l'invention utilisé en inoculation de semence sur soja

L'objectif de ce test est d'évaluer l'efficacité d'une urine transformée selon l'invention comprenant des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote sur des plants de soja.

Principe du test

- Le principe de ce test se base sur une comparaison de la croissance des plantes de soja en plein champ selon différentes modalités d'inoculation avec des produits commerciaux contenant la bactérie Bradyrhizobium japonicum (FORCE 48, RHIZOFLO) et le produit selon l'invention (noté « RHIZOPI » sur les figures).

Le produit selon l'invention est utilisé à différentes doses (400mL/ha ou 5L/ha), avec ou sans adhésif afin de déterminer le mode d'application le plus efficace.

15 **Matériel et méthodes**

Préparation du produit selon l'invention (« RHIZOPI »)

Une souche de Bradyrhizobium japonicum est utilisée.

- Le milieu de culture utilisé pour faire croître cette souche est de l'urine préalablement diluée au 1/2 avec de l'eau distillée stabilisée par acidification à pH 3.5 (à l'aide d'acide lactique) filtré à 0.2µm puis ajusté à pH 7 à l'aide de l'ajout de NaOH 30%. On ajoute ensuite du mannitol comme substrat carboné à une concentration de 30g/L. La culture a été réalisée dans un flacon Schott de 100 mL, le milieu urine a étéensemencé à 1% avec une culture de B. japonicum sur YMB en phase stationnaire. Les cultures ont ensuite été mises sous agitation (150 rpm) et incubées à 34°C pendant une période de 14 jours.

- 25 Un adhésif connu de l'homme du métier pour les semences de soja a été ajouté à l'urine. Un adhésif est également présent dans les produits du commerce testés dans cet essai (RHIZOFLO et FORCE 48).

Description de l'essai

- L'essai est réalisé en plein champ, dans la commune de CASTETIS (64300). La parcelle choisie possède un sol de limons sablo argileux possédant un pH acide (pH = 6,2) et n'a jamais été emblavée en soja afin d'éviter toute présence dans le sol de B. japonicum issu de précédentes cultures. La variété de soja utilisée est la variété KONTROLL. L'essai est mené en microparcelles en blocs randomisés de Fisher à 4 répétitions.

[Tableau 2]

Modalité	Description
1	Témoin non inoculé
2	Inoculation avec FORCE 48 (contenant un adhésif comme l'invention)
3	Inoculation au RHIZOFLO (contenant un adhésif comme l'invention)
4	Inoculation RHIZOPI (10 ⁹) + adhésif

Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés visent à estimer l'impact du type d'inoculation sur la nodulation des plantes, et donc sur leur croissance, leur vigueur, leur nutrition et leur productivité. Les mesures réalisées sont les suivantes :

- Densité de levée
- Vigueur aux stades 3-4 feuilles (BBCH 13) et 1ères gousses (BBCH 65)
- Nombre de nodosités par plantes aux stades BBCH 13 et 65
- 10 - Maladies
- Date de floraison
- Hauteur 1ère gousse
- Nombre de gousse par plante
- Teneur en protéine

15 *Analyse statistique*

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels R et R Studio. Afin de savoir si les différences obtenues entre les modalités sont significatives ($p\text{-value} \leq 0,05$), des tests d'analyse de variance de type ANOVA à 1 facteur (Modalité) ont été effectués pour chaque paramètre mesuré au cours de l'essai. En amont des ANOVA, les différents jeux de données obtenus ont été utilisés afin d'évaluer leur caractère paramétrique ou non paramétrique. Pour les données paramétriques, une ANOVA a été réalisée, potentiellement suivie d'un test post-hoc de comparaison multiples afin de visualiser les groupes statistiquement différents les uns des autres. Pour cela, le test HSD (Honestly Significant Differences) de Tuckey est utilisé. Pour les données non paramétriques, les différences significatives entre modalités ont

été évaluées à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis, potentiellement suivi d'un test post-hoc de Dunn. Tous les seuils de risque ont été définis à $\alpha = 0,05$.

Résultats obtenus

Composantes de rendement :

- 5 Les résultats concernant les composantes de rendement sont présentés dans les Figures 4a et 4b. Quel que soit le paramètre considéré, on observe que les modalités inoculées avec les produits commerciaux et celles inoculées avec l'invention appartiennent au même groupe significatif et obtiennent des valeurs significativement plus élevées que le témoin non inoculé.

Rendement :

- 10 Les résultats de rendement présentés dans la Figure 5 montrent que les modalités inoculées selon l'invention appartiennent au même groupe significatif que les modalités de référence (FORCE 48 et RHIZOFLO).

Humidité et PMG :

- 15 L'ensemble des modalités appartiennent au même groupe significatif en ce qui concerne l'humidité des grains et le PMG. L'inoculation ne semble donc pas avoir d'effet sur ces paramètres.

Conclusion

Pour conclure, cette analyse a permis de montrer :

- 20 L'influence positive de l'inoculation selon l'invention sur le nombre de nodosités, la date de défoliation, la verse, les composantes de rendement et le rendement.

L'urine transformée selon l'invention permet d'obtenir des résultats similaires à ceux de la modalité FORCE 48.

REVENDICATIONS

- [Revendication 1] Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale caractérisé en ce qu'il comprend au moins :
- une étape de dilution de l'urine dans l'eau, et
 - une étape de fermentation.
- 5 [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :
- basification ou acidification de l'urine,
 - dilution de l'urine dans l'eau,
 - filtration de l'urine,
 - 10 - transformation de l'urine par fermentation.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des précédentes revendication, 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.
- 15 [Revendication 4] Procédé selon la précédente revendication, 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.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, 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.
- 20 [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, 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.
- 25 [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'acidification de l'urine à un pH inférieur ou égal à 6.
- [Revendication 8] Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'acidification est réalisée en ajoutant à l'urine au moins un acide choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique et leurs mélanges.

- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que l'acide est ajoutée à une concentration comprise entre 0,1 et 10% en poids du poids total du mélange urine et acide.
- 5 [Revendication 10] 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 11] Procédé selon l'une des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que l'étape de basification ou acidification est réalisée par ajout d'au moins une base ou d'au moins un acide dans le contenant dans lequel les urines sont réceptionnées, en amont de la réception des urines.
- 10 [Revendication 12] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de basification ou d'acidification est réalisée en ajoutant à l'urine au moins un mélange de micro-organismes en milieu basique ou au moins un mélange de micro-organismes en milieu acide, de telle sorte que la basification ou l'acidification est associée à une inoculation de micro-
- 15 organismes.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'ajustement du pH par ajout d'au moins une base et/ou d'au moins un acide.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que
- 20 le pH de l'urine avant et/ou pendant transformation par fermentation est ajusté pour être adapté à la croissance des micro-organismes utilisés pour la fermentation de l'urine.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une des revendications 2 à 14, caractérisé en ce que la filtration est réalisée sur un filtre de mailles comprises entre 0,1 et 80µm.
- 25 [Revendication 16] Procédé selon l'une des revendications 2 à 15, caractérisé en ce que la filtration est réalisée sur un filtre absorbant des composés organiques.
- [Revendication 17] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de fermentation consiste à ajouter dans l'urine au moins une source de carbone et au moins un inoculum de micro-organismes.
- 30 [Revendication 18] Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'inoculum bactérien 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.
- [Revendication 19] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la fermentation est réalisée avec au moins une bactérie choisie parmi les

- 5 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.

[Revendication 20] Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de dilution de l'urine dans l'eau est réalisée avec un facteur compris entre 1/2 et 1/20.

- 10 [Revendication 21] Urine transformée, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisée en ce qu'elle présente les caractéristiques suivantes :

- une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹,
- 15 - une concentration en sel inférieure à 0,15 % en poids de sel par rapport au volume d'urine transformée,
- une concentration en azote inférieure à 0,5% en poids en poids d'azote par rapport au volume d'urine transformée.

- 20 [Revendication 22] Urine transformée selon la revendication 21, 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 $\text{NH}_4/\text{N-total}$ inférieur ou égal à 30%,
- un ratio N-urétique/N-total supérieur ou égal à 50%,
- un ratio C/N supérieur ou égal à 2.

- 25 [Revendication 23] Urine transformée selon l'une des revendications 21 ou 22, caractérisée en ce qu'elle se présente sous forme liquide ou sous forme solide.

[Revendication 24] Fertilisant comprenant au moins une urine transformée selon l'une des revendications 21 à 23.

- 30 [Revendication 25] Utilisation d'une urine transformée selon l'une des revendications 21 à 23, comme matière fertilisante.

[Revendication 26] Utilisation d'une urine transformée selon l'une des revendications 21 à 23, pour la stimulation de la croissance des plantes.

[Revendication 27] Utilisation selon l'une des revendications 25 ou 26, caractérisée en ce que l'urine transformée est diluée dans l'eau à raison de 1 à 50mL d'urine transformée liquide par litre d'eau.

5 [Revendication 28] 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 20, comme matière fertilisante, produit phytosanitaire, produit de biocontrôle.