

DESCRIPTION

Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale et utilisations de l'urine transformée obtenue en particulier comme matière 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
5 matières premières utilisées pour la fabrication de fertilisants.

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-
10 polluants de l'urine pose en effet des problèmes de développement d'algues et de féminisation des poissons.

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
15 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.

Il existe donc un besoin en une urine stable, répondant aux critères d'innocuité des
20 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

En travaillant sur le traitement de l'urine, les inventeurs ont mis au point un procédé
25 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 un pH inférieur à 6, et une concentration 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 comprenant :

- une étape d'acidification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6,
- une étape de filtration de l'urine,
- 5 - une étape de transformation de l'urine par fermentation.

Le procédé comprend d'autres étapes et notamment une étape optionnelle avant l'étape d'acidification, 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 acidifiée et transformée par fermentation,
10 susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé, et qui présente au moins les caractéristiques suivantes : un pH inférieur à 6, et une concentration en bactéries d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹. Sans la mise en œuvre du procédé selon l'invention, le pH de l'urine monterait naturellement entre 8 et 9, et l'urine transformée ne comprendrait pas de bactérie car l'urine se chargerait en ammoniacque, qui serait à des concentrations toxiques pour les bactéries.

15 L'invention concerne aussi l'utilisation d'une telle urine acidifiée et transformée par fermentation, en particulier comme matière fertilisante à base d'inoculum bactérien, notamment pour les cultures en plein champs, le maraîchage et l'horticulture.

L'invention vise aussi l'utilisation des coproduits obtenus éventuellement avant l'étape d'acidification (en particulier des minéraux sous forme de précipités) ou lors de l'étape de
20 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

Figure 1 : la figure 1 représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour
25 l'acidification de l'urine fraîche avec de l'acide lactique.

Figure 2 : la figure 2 représente, sous forme de courbe, les résultats obtenus pour l'acidification de l'urine stockée avec de l'acide lactique.

Figure 3 : la figure 3 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4
30 semaines en termes de poids de biomasse fraîche des parties aériennes de maïs traités avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Figure 4 : la figure 4 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4 semaines en termes de poids de biomasse fraîche des racines de maïs traités avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Figure 5 : la figure 5 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4 semaines en termes de poids de biomasse fraîche totale de maïs traités avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Figure 6 : la figure 6 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4 semaines en termes de poids de biomasse fraîche aérienne de vignes traitées avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Figure 7 : la figure 7 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4 semaines en termes de poids de biomasse fraîche racinaire de vignes traitées avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Figure 8 : la figure 8 représente, sous forme d'histogramme, les résultats obtenus sous 4 semaines en termes de poids de biomasse fraîche totale de vignes traitées avec des volumes différents d'urine selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

Définitions

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 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 au moins par fermentation, par exemple par fermentation lactique.

Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale

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

- une étape d'acidification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6,
- 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.

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
5 collectivités.

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

De façon optionnelle, le procédé selon l'invention peut éventuellement comprendre une étape préliminaire avant l'étape d'acidification, qui consiste à précipiter des co-produits générés lors de l'étape de stockage avant acidification. 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 acidification, 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 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 séchage à l'air libre afin d'obtenir un matériau sous forme liquide ou solide.

L'étape d'acidification de l'urine est 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 est nécessaire car elle permet d'inhiber
25 la croissance des pathogènes et empêche la réaction spontanée d'hydrolyse de l'urée en ammoniacque, 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.

Le pH de l'urine est en outre à adapter aux conditions de fermentation des micro-organismes
30 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 base en cas de diminution du pH, préférentiellement choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium,

l'hydroxyde de sodium ou leurs mélanges ; soit par l'ajout d'un acide en cas d'élévation du pH, préférentiellement choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique ou leurs mélanges.

Dans le cas d'une fermentation réalisée par des bactéries lactiques :

- 5 - l'urine est préférentiellement acidifiée à $4 < \text{pH} < 5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Lactobacillaceae*,
- l'urine est préférentiellement acidifiée 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 est préférentiellement acidifiée à $4,5 < \text{pH} < 5,5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Pseudomonadaceae*,
- 10 - l'urine est préférentiellement acidifiée à $4 < \text{pH} < 5$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Enterococcaceae*,
- l'urine est préférentiellement acidifiée 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*,
- 15 - l'urine est préférentiellement acidifiée à $5 < \text{pH} < 6$ lorsque les bactéries utilisées pour l'étape de lacto-fermentation sont des bactéries de la famille des *Bifidiobacteriaceae*.

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

20 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%.

- 25 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 bactéries en milieu acide,

30 préférentiellement l'étape d'acidification est réalisée en ajoutant à l'urine entre 1 et 10% du mélange de bactéries 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 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.

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.

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

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

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 ammoniacque 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 l'acide. 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.

L'urine acidifiée, avant ou après stockage éventuel, préférentiellement juste avant l'étape de transformation par fermentation, comprend une étape de filtration.

- 5 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...).

10 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.

- 15 Après filtration, le procédé selon l'invention comprend une étape de fermentation, c'est-à-dire de transformation sous l'influence de micro-organismes. 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.

20 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 bactéries.

25 La source de carbone est préférentiellement ajoutée à raison de 1 à 40g.L⁻¹ par rapport au volume d'urine acidifiée et filtrée à transformer. La source de carbone peut être diverse. Elle est préférentiellement choisie parmi le fructose, le glucose, le lactose, le maltose, le saccharose et leurs mélanges.

L'inoculum bactérien est préférentiellement ajouté à raison de 0,1 à 10% en volume par rapport au volume du mélange d'urine acidifiée et filtrée et de la source de carbone. L'inoculum peut être obtenu notamment à partir d'une solution mère constituée au moins par :

- 30 - de l'urine acidifiée présentant un pH inférieur à 6, préférentiellement un pH identique ou proche de celui de l'urine acidifiée que l'on veut transformer par fermentation,
- une source de carbone,

- et au moins une bactérie.

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, dans le cas où la fermentation est une fermentation lactique, la température peut être par exemple de :

- 35°C pour les bactéries de la famille des *Lactobacillaceae* ;
- 25°C pour les bactéries de la famille des *Streptococcaceae* ;
- 10 - 30°C pour les bactéries de la famille des *Enterococcaceae* ;
- 25°C pour les bactéries de la famille des *Leuconostocaceae* ;
- 35°C pour les bactéries de la famille des *Bifidiobacteriaceae*.

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.

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.

20 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 *Bradyrhizobiaceae*, *Rhizobiaceae*, et *Phyllobacteriaceae*), *Bacillales* (en particulier les familles *Bacillaceae* et *Paenibacillaceae*), *Rhodospirillales* (en particulier la famille *Rhodospirillaceae*), *Actinomycetales* (en particulier la famille *Frankiaceae*), *Burkholderiales* (en particulier la famille *Burkholderiaceae*), *Flavobacteriales* (en particulier la famille *Flavobacteriaceae*), *Pseudomonadales* (en particulier la famille *Pseudomonaceae*).

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*, *Bifidiobacteriaceae*.

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 *Lactobacillaceae*, à une température comprise entre 30 et 35°C, préférentiellement 35°C, pendant 2 à 5 jours, 5 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,
- 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, 10 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 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, 15 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 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, 20 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,
- 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, 25 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, préférentiellement à 10g.L⁻¹.

Selon un mode de réalisation, la fermentation est réalisée avec au moins *Lactobacillus sp.* Dans une variante adaptée, l'étape de fermentation est réalisée avec au moins une bactérie 30 *Lactobacillus sp.* à une température comprise entre 30 et 35°C, pendant entre 10 et 12 jours, sur une urine acidifiée à pH compris entre 3,5 et 5,0, avec ajout de sucre, préférentiellement de saccharose, entre 20 et 25g.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.

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

Le procédé selon l'invention peut donc comprendre une étape d'ajout d'au moins une base dans l'urine acidifiée. 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 d'acidification. Préférentiellement, ce pH est inférieur à 6. Le pH est ajusté de façon à ce que l'urine présente un pH adapté à la croissance des bactéries utilisées pour la fermentation de l'urine. L'ajustement du pH à la valeur désirée est réalisé en modifiant la concentration de la base dans l'urine en fonction du pH de l'urine acidifiée, du pH désiré, et de la base utilisée.

20 Préférentiellement, la base utilisée pour l'étape d'ajout d'une base dans l'urine acidifiée peut être notamment choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges.

Cette variante du procédé comprenant une étape d'ajout d'une base, au lieu d'atteindre le pH désiré uniquement par acidification de l'urine, permet d'atteindre le pH désiré en plusieurs fois (au moins deux étapes) : acidification puis ajout d'au moins une base. Ainsi, quelle que soit la variante, avec ou sans ajout 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 bactéries utilisées pour la fermentation de l'urine.

L'étape d'ajout d'une base dans l'urine acidifiée peut être réalisée à tout moment du procédé après l'étape d'acidification et avant l'étape de transformation de l'urine par fermentation.

30 Lors de la fermentation, il peut également être nécessaire de stabiliser le pH de l'urine, soit par l'ajout d'une base en cas de diminution du pH, préférentiellement choisie parmi

l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium ou leurs mélanges ; soit par l'ajout d'un acide en cas d'élévation du pH, préférentiellement choisi parmi l'acide sulfurique, l'acide acétique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide nitrique, l'acide lactique ou leurs mélanges. Ainsi le procédé selon l'invention peut comprendre une

5 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 :

- 10 - une étape d'acidification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6,
- une étape d'ajout d'au moins une base dans l'urine (le pH étant plus élevé mais préférentiellement toujours inférieur à 6),
- - une étape de filtration de l'urine,
- - une étape de transformation de l'urine par fermentation, comprenant
- 15 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 :

- 20 - une étape d'acidification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6,
- - une étape de filtration de l'urine,
- une étape d'ajout d'au moins une base dans l'urine (le pH étant plus élevé mais préférentiellement toujours inférieur à 6),
- - une étape de transformation de l'urine par fermentation, comprenant
- 25 éventuellement une étape de stabilisation du pH, par ajout d'au moins une base ou d'un acide.

Enfin, le procédé selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation, peut éventuellement comprendre une ou plusieurs étapes supplémentaires avant acidification, pendant le procédé ou après fermentation.

- 30 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
5 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 acidifiée et transformée

L'invention a également pour objet une urine acidifiée et transformée, susceptible d'être
10 obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

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

- un pH inférieur à 6, et
- une concentration en micro-organismes, préférentiellement en bactéries, d'au moins 10⁶
15 UFC.mL⁻¹.

Dans un mode de réalisation de l'invention, l'urine acidifiée et 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
20 quantité d'éléments nutritifs particulièrement adaptée ;
- un ratio NH₄/N-total inférieur ou égal à 30% ; ceci permet d'avoir une source d'azote optimale assimilable par 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 bactéries mais libérant de l'azote pour les végétaux
25 lorsque l'urine transformée est utilisée sur des végétaux ;
- un ratio C/N supérieur ou égal à 2 ; cette caractéristique permet d'avoir une pousse optimale des bactéries.

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

L'urine acidifiée et 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 produit acide.

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

Utilisation d'urine acidifiée et transformée selon l'invention

L'invention a également pour objet l'utilisation de l'urine acidifiée et transformée selon l'invention, en particulier de l'urine acidifiée et transformée obtenue par la mise en œuvre du
15 procédé selon l'invention, comme matière fertilisante.

En effet, du fait de ses caractéristiques avantageuses, l'urine acidifiée et 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 :

- 20 - 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.

- 25 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 acidifiée et transformée est utilisée pour
30 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 les micro-organismes présents dans l'urine acidifiée et transformée, en particulier par les bactéries.

Pour son utilisation :

- lorsque l'urine acidifiée et 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 100 à 500L 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 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.

- 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 acidification et pendant l'étape de fermentation, et en particulier :
- avant acidification : des minéraux, en particulier des minéraux choisis parmi l'azote, le potassium et le phosphore (struvite),
 - pendant l'étape de fermentation : le biofilm bactérien de surface. 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 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.
- 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.

Exemple 1 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec de l'acide lactique et *Lactobacillus sp.*

- 5 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) ;
 - 10 - 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 ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
 - 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
 - 15 agitation continue (entre 50 et 100 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 :

- acidifier 10 L d'urine pour atteindre un pH inférieur ou égal à 4, par ajout d'acide lactique à
- 20 1% en poids (100g d'acide pour 10L) ;
- filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25µm ;
- ajouter 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- ajouter 25g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc) ;
- faire fermenter à 30°C pendant 5 jours ;
- 25 - 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 4,
- une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- 30 - 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 de l'acide lactique 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) ;
- 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,
- filtrer l'urine acidifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
- ajouter à l'urine acidifiée filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Lactobacillus sp.* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 10g.L⁻¹ de lactose, à 30°C pendant 15 jours sous agitation continue (50 à 100 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 :

- 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 25µm ;
- ajouter 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- 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 4,
- une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
- un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
- un ratio N-uréique/N-total égal à 60%,
- un ratio C/N égal à 3.

Exemple 3 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec de l'acide nitrique et *Bifidiobacterium bifidum*.

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

- déposer 0,5% en poids d'acide nitrique dans le fond du contenant en plastique (pour 100L d'urine, ajouter 0,5kg d'acide nitrique, soit environ 0,36L) ;
 - ajouter l'urine à pH initial (6,5 à 7) dans le contenant en plastique (pour 0,36L d'acide nitrique, 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 ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25 μ m ;
 - ajouter à l'urine acidifiée filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Bifidiobacterium bifidum* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 20g.L⁻¹ de glucose, à 34°C pendant 10 jours sous agitation
 - 10 continue (50 à 100 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 :
- acidifier 10 L d'urine pour atteindre un pH inférieur ou égal à 4, par ajout d'acide nitrique à
 - 15 0,5% en poids (50g d'acide pour 10L) ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25 μ m ;
 - ajouter 100mg de la souche de *Bifidiobacterium bifidum* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - ajouter 20g.L⁻¹ de glucose ;
 - 20 - 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 4,
 - une concentration en *Bifidiobacterium bifidum* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
 - 25 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
 - un ratio N-uréique/N-total égal à 60%,
 - un ratio C/N égal à 3.

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

- 30 Un exemple de procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :
 - récupérer les urines sans addition d'acide 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 (MgSO_4) 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 ;
- filtrer les urines additionnées à travers un filtre de maille 10 μm afin de séparer les urines de la struvite récupérée dans le filtre ;
- ajouter 5% en poids d'acide lactique à l'urine filtrée après récupération de la struvite, qui a un pH initial de 8 – 9 (pour 100L d'urine, ajouter 5kg d'acide lactique, soit environ 4,15L) ;
- 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 ;
- filtrer l'urine acidifiée 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 *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) ;
- récupérer l'urine acidifiée et 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 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
- 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 4,
- une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
- un ratio $\text{NH}_4/\text{N-total}$ égal à 10%,
- un ratio N-urétique/N-total égal à 60% ,
- un ratio C/N égal à 3.

Exemple 5 : Procédé de transformation d'une urine selon l'invention avec de l'acide lactique, de la soude et *Lactobacillus sp.*, avec stabilisation du pH lors de la fermentation.

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 3, à cause de variations liées à la provenance des urines ;
 - ajouter 0.5% en poids d'hydroxyde de sodium afin d'atteindre un pH égal à 4 (ajouter 0,25L d'hydroxyde de sodium liquide pour 100L d'urine acidifiée à pH 3) ;
 - l'urine peut être stockée dans un récipient en plastique hermétique, à température ambiante et à l'abri de la lumière,
 - 10 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre en nylon ou en matière plastique de maille 25µm ;
 - ajouter à l'urine acidifiée filtrée 1 % en volume d'un inoculum de *Lactobacillus sp.* (1L pour 100L d'urine acidifiée) et 10g.L⁻¹ de lactose, à 30°C pendant 15 jours sous agitation continue (50 à 100 tours par minute) ;
 - mesurer et ajuster le pH avec l'hydroxyde de sodium afin de le stabiliser à 5,5 pendant toute
 - 15 la durée de la fermentation ;
 - récupérer l'urine acidifiée et 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
 - 20 1% en poids (100g d'acide pour 10L) ;
 - filtrer l'urine acidifiée avec un filtre de maille 25µm ;
 - ajouter 100mg de la souche de *Lactobacillus sp.* conservée sous forme liquide concentrée ;
 - ajouter 25g.L⁻¹ de saccharose (sucre blanc) ;
 - faire fermenter à 30°C pendant 5 jours ;
 - 25 - 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 4,
 - une concentration en *Lactobacillus sp.* de 10⁶ à 10⁷ UFC.mL⁻¹,
 - un ratio NH₄/N-total égal à 10%,
 - 30 - un ratio N-urétique/N-total égal à 60%,
 - un ratio C/N égal à 3.

Résultats d'essais

Evaluation de la quantité d'acide lactique à ajouter sur des urines fraîches (pH = 7)

Le but de cet essai est d'évaluer l'effet de l'acide lactique sur le pH d'urines fraîches, afin d'atteindre des pH optimaux de croissance bactérienne.

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

- 5 Une gamme de concentrations d'acide lactique a été testée en poids par rapport au poids d'urine, et qui est la suivante : 0,1% ; 0,25% ; 0,5% ; 0,75% ; 1% ; 2,5% et 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 acide lactique. On constate que l'ajout de 0,1% d'acide lactique permet d'acidifier l'urine, et que l'ajout de 0,25% permet d'obtenir un pH inférieur à

- 10 6. Un pH de 4 est obtenu après l'ajout de 0,5% à 0,75% d'acide lactique.

Evaluation de la quantité d'acide lactique à ajouter sur des urines stockées (pH = 9)

Le but de cet essai est d'évaluer l'effet de l'acide lactique sur le pH d'urines stockées, afin d'atteindre des pH optimaux de croissance bactérienne.

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

- 15 Une gamme de concentrations d'acide lactique a été testée en poids par rapport au poids d'urine, et qui est la suivante : 0,5% ; 1% ; 2% ; 3% ; 4% ; 5%, 10% et 20%.

Les résultats sont présentés en Figure 2 qui représente la variation du pH de l'urine stockée en fonction de la concentration en acide lactique. On constate que l'urine stockée a un pH plus élevé que l'urine fraîche et qu'il est nécessaire d'apporter une concentration plus
20 importante en acide lactique pour obtenir un pH inférieur à 6, à savoir entre 1 et 2%. Un pH de 4 est obtenu après l'ajout de 4% d'acide lactique.

Démonstration de l'efficacité de l'invention sur la croissance de plants de maïs

Le but de cet essai est de démontrer l'efficacité en tant que matière fertilisante, d'une urine acidifiée et transformée selon l'invention.

- 25 L'essai a été réalisé en conditions contrôlées avec le produit selon l'invention de l'exemple 1.

Le plan expérimental de l'essai est décrit en suivant :

- Plantes de maïs à partir de graines
- Durée : 4 semaines
- Substrat : fibre de coco
- 30 - Pots de 6L ; 400g sec de substrat/pot
- Hydratation : 80% de la capacité de rétention d'eau (CRE = 700%)
- Modalités : témoin négatif (eau) noté T ; témoin positif (eau + engrais minéral NPK 10-40-20)

à 0,5mL.L⁻¹) noté TE ; produit selon l'invention de l'exemple 1 à 1mL.L⁻¹ ; 5mL.L⁻¹ ; 10mL.L⁻¹ ; 50mL.L⁻¹

- 3 plantes/modalités

- Critères d'effets : biomasse fraîche aérienne, racinaire et totale.

- 5 Les résultats sont présentés sur les figures 3 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche aérienne de maïs), 4 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche racinaire de maïs) et 5 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche totale de maïs).

- 10 On constate que l'urine acidifiée et transformée selon l'invention permet d'améliorer la croissance des plantes traitées, et ce de façon plus importante que le témoin positif.

Démonstration de l'efficacité de l'invention sur la croissance de plants de vigne

Le but de cet essai est de démontrer l'efficacité en tant que matière fertilisante, d'une urine acidifiée et transformée selon l'invention.

- 15 L'essai a été réalisé en conditions contrôlées avec le produit selon l'invention de l'exemple 1.

Plan expérimental :

- Plantes de vignes à partir de greffon

- Durée : 4 semaines

- Substrat : compost

- 20 - Pots de 15L ; 5000g sec de substrat/pot (10L)

- Hydratation : 80% de la capacité de rétention d'eau (CRE = 35%)

- Modalités : témoin négatif (eau) ; 5mL.L⁻¹ ; 50mL.L⁻¹ et modalité stress hydrique (à 50mL.L⁻¹ ; hydratation/2 sur la durée de l'essai par rapport au témoin)

- 6 plantes/modalités

- 25 - Critères d'effets : biomasse fraîche aérienne, racinaire et totale à 4 semaines.

Les résultats sont présentés sur les figures 6 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche aérienne de vignes (SH : stress hydrique)), 7 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche racinaire de vignes (SH : stress hydrique)) et 8 (Evaluation de l'effet de l'urine, après transformation selon le procédé, sur la biomasse fraîche totale de vignes (SH : stress hydrique)).

30

On constate que l'urine acidifiée et transformée selon l'invention permet d'améliorer la croissance des plantes traitées, et ce de façon plus importante que le témoin.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de l'urine humaine ou animale caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape d'acidification de l'urine de façon à ce que l'urine présente un pH inférieur à 6,
- 5 - une étape de filtration de l'urine, et
- une étape de transformation de l'urine par fermentation.

2. Procédé selon la revendication 1, 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 et l'acide lactique.

10 3. Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que l'acide est ajouté à une concentration comprise entre 0,1 et 10% en poids du poids total du mélange urine et acide.

15 4. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que 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 lactique.

5. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape d'acidification est réalisée par ajout d'au moins un acide dans le contenant dans lequel les urines sont réceptionnées, en amont de la réception des urines.

20 6. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape d'acidification 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.

25 7. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que, après l'étape d'acidification et avant l'étape de transformation de l'urine par fermentation, il comprend une étape d'ajout d'au moins une base dans l'urine acidifiée de façon à ce qu'elle présente un pH plus élevé que celui obtenu après l'étape d'acidification mais toujours inférieur à 6.

8. Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que la base est choisie parmi l'hydroxyde de calcium, l'hydroxyde de potassium, l'hydroxyde de sodium et leurs mélanges.

9. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que le pH de l'urine avant transformation par fermentation est un pH adapté à la croissance des bactéries utilisées pour la fermentation de l'urine.

10. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'urine est stockée après l'étape d'acidification et avant l'étape de filtration, ou après l'étape de filtration et avant l'étape de transformation par fermentation.

11. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'urine, après l'étape d'acidification, est stockée pendant une durée inférieure ou égale à 6 mois.

12. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé par une filtration sur un filtre de mailles comprises entre 0,1 et 80µm.

13. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la filtration peut être effectuée sur un filtre absorbant des composés organiques, tel qu'un filtre à charbon actif, à chabazite, à zéolithe.

14. 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 bactéries.

15. Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que la source de carbone est ajoutée à raison de 1 à 40g.L⁻¹ par rapport au volume d'urine à transformer.

16. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que la source de carbone est choisie parmi le fructose, le glucose, le lactose, le maltose, le saccharose et leurs mélanges.

17. Procédé selon l'une des revendications 13 à 15, 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.

18. Procédé selon la précédente revendication, caractérisé en ce que l'inoculum bactérien est obtenu à partir d'une solution mère constituée au moins par une urine acidifiée présentant un pH inférieur à 6, une source de carbone et au moins une bactérie.

19. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de transformation par fermentation est réalisée entre 25 et 35°C.

20. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'étape de transformation par fermentation est réalisée pendant une durée comprise entre 3 et 12 jours.

21. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la
5 fermentation est une fermentation lactique.

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 l'ordre des *Lactobacillales*.

23. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la
10 fermentation est réalisée avec au moins une bactérie choisie parmi les *Lactobacillaceae*, *Streptococcaceae*, *Enterococcaceae*, *Leuconostocaceae*, *Pseudomonadales*, *Bifidiobacteriaceae*.

24. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la fermentation est réalisée avec au moins *Lactobacillus sp.*

15 25. Procédé selon l'une des précédentes revendications, caractérisé en ce que la fermentation est réalisée avec au moins deux bactéries différentes.

26. 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.

20 27. Urine acidifiée et transformée, susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 26, caractérisée en ce qu'elle présente au moins les caractéristiques suivantes :

- un pH inférieur à 6, et
- une concentration en micro-organismes d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹.

25 28. Urine acidifiée et transformée selon la précédente revendication, caractérisée en ce qu'elle présente une concentration en bactéries d'au moins 10^6 UFC.mL⁻¹.

29. Urine acidifiée et transformée selon l'une des revendications 27 ou 28, caractérisée en ce qu'elle présente également au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- un taux de matière sèche supérieur ou égal à 1%,
- 30 - 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 2.

30. Urine acidifiée et transformée selon l'une des revendications 27 à 29, caractérisée en ce qu'elle se présente sous forme liquide ou sous forme solide.

31. Utilisation d'une urine acidifiée et transformée selon l'une des revendications 25 à 28, comme matière fertilisante.

5 32. Utilisation d'une urine acidifiée et transformée selon l'une des revendications 25 à 28, pour la stimulation de la croissance des plantes.

33. Utilisation selon l'une des revendications 31 à 32, caractérisée en ce que l'urine acidifiée et transformée est diluée dans l'eau à raison de 1 à 50mL d'urine acidifiée et transformée liquide par litre d'eau.

10 34. 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 26, comme matière fertilisante, produit phytosanitaire, produit de biocontrôle.