

PROJET VALURINE

VALORISATION D'URINE HUMAINES SUR DES PARCELLES VITICOLES



Recherches pilotées par la coopérative ECOSEC, le centre de recherches IRSTEA de Montpellier, l'institut des Membrane IEM de Montpellier, et menées sur le domaine de la Jasse à Combaillaux.

Auteurs : Benjamin CLOUET, Bruno MOLLE, Nassim Aït-Mouheb, Geoffrey FROMENT, Marc HERAN.

Contact : - b.clouet@ecosec.fr - bruno.molle@irstea.fr - nassim.ait-mouheb@irstea.fr - b.lebreton@blb-vignobles.com - marc.heran@umontpellier.fr

Pour plus d'informations : www.ecosec.fr

The logo for ECOSEC, featuring the word "ECOSEC" in a stylized green font.



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	3
1. INTRODUCTION	4
1.1 Contexte	4
1.2 Etat de l'art	5
1.3 A l'origine du projet	6
1.4 Interrogation et Objectifs de l'étude	6
1.5 Equipe projet.....	7
1.7 Planning	9
2. PROTOCOLE DETAILLE.....	10
2.1 LOCALISATION DU DOMAINE DE LA JASSE	10
2.2 La parcelle expérimentale : Plantier Haut.....	11
2.3 Engrais utilisés au Domaine de la Jasse	11
2.4 Fertilisants étudiés par valurine.....	12
2.5 Méthodologies terrains	13
2.6 Enquête Sociologiques.....	17
2.7 Méthodologies en laboratoire	19
3. EXPERIMENTATION.....	21
3.1 Préambule.....	21
3.2 Données sur les engrais et fertilisants utilisés	21
4. RESULTATS	28
4.1 Analyse de la production	28
4.2 Abattements pathogènes	29
4.2 Analyse du sol	30
4.3 Analyse des feuilles	33
4.3 Analyse des jus.....	34
4.4 Résultats enquête sociologique.....	36
4.4 Analyse de la production	28
5. CONCLUSIONS.....	45
6 ARTICLES DE PRESSE.....	46
7. REFERENCES	47

RÉSUMÉ

Ces travaux ont pour but l'amélioration des connaissances liées à la valorisation agronomique de l'urine humaine en tant qu'engrais, afin d'aller vers une reconnaissance de l'urine comme engrais reconnu et acceptable et hygiénique.

Les recherches ont été menées par ECOSEC, concepteur de toilettes publiques écologiques à séparation, et les centres de recherches IRSTEA et IEM de Montpellier dont les expertises portent sur les systèmes d'irrigation, les fluides et les plantes.

L'urine est un déchet du corps humain utilisé comme engrais naturel depuis la nuit des temps, il est disponible en grande quantité partout dans le monde. Depuis la fin du XXe siècle, de nombreux travaux ont démontré un pouvoir fertilisant semblable aux engrais synthétiques. Sa réutilisation participe à la fermeture des cycles biogéochimiques tout en réduisant la pression sur les stations de traitement des eaux.

Ces recherches ont montré que l'urine pouvait potentiellement se substituer aux engrais synthétiques. Ces travaux sur deux saisons de culture au Domaine de la Jasse à Combaillaux ont montré que l'apport contrôlé d'urine donnait des récoltes similaires aux parcelles fertilisées par des engrais minéraux.

Une enquête sociologique sur l'acceptabilité du vin fertilisé à l'urine a permis de montrer qu'avec un minimum d'explications, cela ne représentait pas un frein à sa commercialisation, au contraire.

De nouvelles recherches réalisées sur le long terme à plus grande échelle (urine plus concentrée, plus grande surface, autre type de plante...) permettront de confirmer ces résultats et de notamment mieux appréhender les transferts au sein des végétaux et du sol.



1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

La France se heurte à des épisodes climatiques exceptionnels de plus en plus préoccupants ces dernières années. A l'automne 2017, une majorité des départements de l'Hexagone est encore concernée par des restrictions liées à la sécheresse et plus d'un tiers des départements ont des communes ayant un niveau de restriction allant jusqu'à la « crise ». En 2017 la température moyenne annuelle en France était de 15.8°C, en 2018 nous étions 16.4°C ([Infoclimat](#)). « En conséquence l'été 2018 s'est classé au 2e rang des étés les plus chauds derrière 2003, avec des températures supérieures aux normales de 2 °C.

La France a ainsi connu en 2018, d'avril à décembre, 9 mois chauds consécutifs. Une telle séquence de 9 mois sensiblement chauds est inédite depuis le début du XXe siècle» ([météofrance](#)). En 2019 nous avons enregistré plusieurs vagues de chaleur avec deux pics à 45°C en juin aux alentours de Montpellier. Enfin les précipitations autour de Montpellier sont en déficit de 65% comparé à la moyenne de 1981 à 2010 ([infoclimat](#)).

Cette situation de plus en plus problématique fait suite à d'autres épisodes de déficit pluviométrique

au cours des dernières années qui rend indispensable la réflexion et le développement de solutions plus rationnelles sur la gestion de la ressource en eau, en particulier en améliorant le recyclage des eaux issues des usages domestiques.

Les eaux usées domestiques transportent des éléments dont certains sont des nutriments indispensables pour les plantes. C'est le cas de l'azote et du phosphore en particulier, dont une grande partie (environ 90% et 70% respectivement) sont éliminés dans les urines. Ces éléments sont peu ou mal extraits des eaux usées par les stations d'épuration, et portent une grande part de la pression anthropique sur l'eau de surface et sur son environnement ([Programme OCAPI - Fabien Esculier](#)).

Par ailleurs, l'élimination de l'Azote représente près de 50% de la consommation énergétique des stations d'épuration, le Phosphore quant à lui est difficile à éliminer.

En conséquence, une séparation à la source des urines a l'intérêt de limiter l'empreinte de la station d'épuration et la récupération d'engrais potentiel permet de valoriser directement des nutriments accessibles localement.



1.2 Etat de l'art

La bibliographie sur la valorisation des urines humaines en agriculture en France est un sujet encore peu traité. Il existe un certains nombres d'étude sur la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture, avec en particulier les appels à projet lancés par les différentes Agences de l'eau, à l'instar du projet de REUSE de Murviel porté par l'IRSTEA ([cf. Projet Murviel lès Montpellier](#)).

Une bonne part de ces projets étudient les effets de la valorisation agricole des eaux usées traitées en sortie d'une station d'épuration sur des cultures. Le thème de la séparation à la source des urines humaine en France en vue d'une réutilisation / valorisation en agriculture n'est lui que rarement abordé.

A notre connaissance seuls deux projets de recherche ont abordé ce sujet en France ces dernières années sur des cultures en plein champs : Le projet Valurine sur des vignes et la thèse de Tristan MARTIN sur des parcelles céréalière en région parisienne ([Étude de filières agronomiques de valorisation de sous-produits issus de techniques alternatives d'assainissement](#))

Par ailleurs les textes réglementaires manquent sur le sujet de la valorisation des urines séparées à la source. A ce jour seul [l'Organisation Mondiale de la Santé](#) a proposé des règles pour ce type d'usage en agriculture. Pour respecter le principe de précaution nous suivrons ses préconisations pour l'emploi de l'urine en agriculture (document : Safe use of Wastewater, excreta and greywater in agriculture).

Cependant si l'on regarde à l'international et sur les dix dernières années, les études sont nombreuses sur le sujet de la valorisation de l'urine. Les pays scandinaves comme la Suède recherchent des solutions pour capter les nutriments des urines depuis plusieurs années, les travaux réalisés par EcoSanRes sur «les Conseils Pratiques pour une Utilisation de l'Urine en Production Agricole» dans différents pays Africains tel que le Burkina Faso ([Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Series, 2011-3](#)) est l'étude la plus significative de par les nombres cas abordés.

Par exemple cette étude nous dit que «l'urine d'une

personne pendant une année suffit à fertiliser 300-400 m² de cultures à hauteur d'environ 50-100 kg N/ha» et qu'elle «est un engrais azoté bien équilibré et riche qui peut remplacer, et donne normalement les mêmes rendements que, les engrais conventionnels».

En Suisse, l'entreprise [VUNA](#) est la première entité au monde à commercialiser [l'Aurin](#) qui est un engrais issu de la nitrification, puis distillation de l'urine humaine.

Le Phosphore couramment utilisé en agriculture n'est pas une ressource renouvelable. Son extraction provient de l'exploitation de mines dont les réserves diminuent. L'azote lui aussi nécessaire à l'agriculture repose sur une forte consommation de ressources énergétiques pour sa transformation en engrais. Il existe une liaison forte du prix des denrées alimentaires sur le cours de ces ressources. Avec leur raréfaction, une explosion mondiale du coût de l'alimentation est à prévoir.

Avec la croissance démographique et la concentration des populations en ville (70% à l'horizon 2050), le risque que les stations d'épuration ne puissent plus gérer nos effluents correctement est fort. Il apparait impératif de proposer des mesures visant à réduire les volumes d'effluents produits en favorisant des valorisations locales. Pour se faire une solution est de valoriser les urines en agriculture pour bénéficier de leur potentiel engrais.

L'urine est un liquide particulièrement intéressant de par ses caractéristiques et utilisé depuis toujours. L'utilisation la plus connue comme engrais est courante en élevage (recyclage des lisiers) car l'urine contient une grande quantité d'éléments utilisés par les plantes. pour ce qui est de l'urine d'origine humaine, leur réutilisation est pour le moins anecdotique. Les consciences environnementales s'éveillent peu à peu pour une diminuer de l'impact anthropique, mais ce sujet est encore ignoré. L'absence de réglementation est un frein important du fait du peu de références existantes. On cherche donc dans le présent travail à étudier les effets de l'urine en agriculture sur la plante mais aussi sont environnement.

1.3 A l'origine du projet

En 2017 la SCOP Ecosec et l'IRSTEA ont commencé à s'y intéresser via différents projets de recherche comme le [projet APPI](#) qui a étudié les effets de différentes doses d'urine récoltées avec [le système de trône Ecodoméo](#), sur des cultures sous serre, hors sol et sur le matériel qui la distribue. Cette étude piloté par Vincent LE DAHERON nous a montré les fortes interactions entre les nutriments contenus dans l'urine et les différentes plantes même en cas de dépassement significatif des doses d'azote réglementaire.

Le projet Valurine est né d'une rencontre avec Bruno LE BRETON du Domaine de la Jasse qui, en accord avec ses efforts dans la Responsabilité Sociétale et Environnementale de son exploitation, s'est montré particulièrement intéressé par l'approche.

Suite à ces résultats encourageants Ecosec et l'IRSTEA ont souhaité continuer la recherche en ce sens pour disposer de données fiables en plein champ. [Le projet Valurine \(dossier déposé\)](#) porté par Ecosec et en partenariat avec l'IRSTEA et l'IEM est né pour étudier l'utilisation de l'urine sur une vigne en place au [domaine de la Jasse à Combaillaux](#).

Afin de pouvoir faire avancer le sujet nous avons monté le projet de recherche Valurine avec l'IRSTEA et l'IEM, grâce au financement de l'Agence de l'eau RMC.

1.4 Interrogation et Objectifs de l'étude

A la suite des premières recherches, un certain nombre de questions subsistent pour s'assurer des implications d'une valorisation des urines en agriculture.

Le projet Valurine souhaite répondre aux questions suivantes :

- **Peut-on proposer une solution de collecte de l'urine simple, économique, socialement et énergétiquement acceptable ?**
- **Peut-on fertiliser les cultures à l'urine sans risques de pollution des sols ou de dégradation du matériel agricole ?**

- **Y a t'il un risque sanitaire ?**
- **Peut-on fertiliser les cultures à l'urine sans dégrader la qualité et la quantité de la production ?**
- **La fertilisation du vin par des urines humaine est elle acceptable par les consommateurs ?**
- **Peut-on proposer une équation économique permettant de rendre la technique intéressante pour un passage à l'échelle ?**



1.5 Equipe projet

SCOP Ecosec

Ecosec est un développeur de solutions dans le traitement et la valorisation locale de nos déchets organiques. Elle a développé à ce jour plusieurs prototypes de toilettes publiques.

Passionnés des questions d'eau et assainissement, de compostage et de cycles courts, Ecosec s'est rapidement orienté sur un projet de toilettes publiques écologiques avec une attention particulière sur la valorisation des effluents, et principalement des urines.

Directeur du projet : Benjamin CLOUET
Opérateur et assistant : Geoffrey MOLLE

Travaux réalisés sur le sujet :

- Valorisation de l'urine par irrigation au goutte à goutte (2016 -2017)
- La Chabasite, traitement et stockage de l'urine (2016 -2017)
- Tour de France des projets scientifiques liés à la valorisation de l'urine (2016 -2017)

Domaine de la Jasse

Domaine viticole de 55 Ha situé à Combaillaux, exploité par Brunon LE BRETON depuis 2008.

Premier domaine familial Iso 26 000, évalué certifié R.S.E :

Issue de préoccupations de consommateurs inquiets des impacts de l'activité humaine sur la qualité de vie des populations, la mise en place de la norme Iso 26 000 est de permettre de mesurer, d'agir sur les impacts environnementaux, sociaux et économiques.

« La Responsabilité Sociétale des Entreprises, c'est se confronter à son environnement et voir si l'on est en symbiose avec lui, avec ses partenaires, leurs attentes et leurs besoins. C'est aussi une question de transparence. La RSE permet de se poser les bonnes questions et d'agir en conséquence. » Bruno Le Breton.

Travaux réalisés sur le sujet :

- En 2013, La Jasse a obtenu la certification Haute valeur environnementale, validant la mise en place de pratiques sanitaires, environnementales, raisonnées, dans les vignes. Dans la logique du Grenelle de l'environnement ainsi que dans celle du développement durable.

Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA)

L'IRSTEA a accompagné les évolutions des besoins de ses partenaires publics, territoriaux et industriels : ses recherches ont progressivement pris en compte les nouveaux enjeux environnementaux qui se posaient à l'agriculture, aux écosystèmes, aux territoires. Ainsi ses thèmes de recherche sont en 2014 centrés sur les ressources en eau de surface, les systèmes écologiques aquatiques et terrestres, les espaces à dominante rurale, les technologies pour l'eau, les agrosystèmes et la sûreté des aliments.

Irriguer les cultures en utilisant les eaux usées, un défi pour demain ? Les chercheurs Irstea ont développé un tout nouveau distributeur d'arrosage, breveté en copropriété avec la société Phytorem. Objectif : Éviter le colmatage des distributeurs, causé par les particules présentes dans les eaux usées ou par le développement de biofilms.

Responsable Scientifique : Bruno MOLLE, Ingénieur Agronome / Nassim AIT MOUHEB / Geoffrey FRO-MENT

Travaux réalisés sur le sujet :

- Rizk N., Ait Mouheb N., Bourrié G, Molle B., Roche N., Parameters controlling chemical deposits in micro-irrigation with treated Wastewater, Journal of Water Supply: Research and Technology, (2017). Ait Mouheb N et al.,
- The reuse of treated wastewater for irrigation in the Mediterranean Rim: towards a virtuous cycle? Accepted at Regional Environmental Change Journal (2018).

Institut Européen des Membranes (IEM)

L'IEM est une UMR CNRS spécialisée dans l'élaboration et la mise en oeuvre des membranes dans les procédés. Notre ligne directrice consiste à développer l'intégration des membranes dans les procédés, en tant que procédés unitaires (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, etc) ou comme procédés couplés (bioréacteur à membrane, réacteur enzymatique à membrane, oxydation avancée, adsorption). La démarche consiste ensuite à modéliser les transferts et les réactions (chimiques, photochimiques, enzymatiques ou biologiques) afin d'optimiser les synergies et de proposer des procédés innovants, efficaces, compacts et économes.

Responsable Scientifique : Marc HERAN, Professeur
Intervenants : Geoffroy LESAGE (Nitrification/Micro-polluant) / Francois ZAVISKA (Oxydation/Désinfection)

Travaux réalisés sur le sujet :

- Nitrification des urines : thèse de Céline Jacquin portant sur la caractérisation de la matière organique afin de mieux appréhender les phénomènes régissant le colmatage des membranes
- Electro-oxydation indirecte : le traitement de l'azote ammoniacal se fait grâce à la production d'un oxydant (chlore), obtenu par l'oxydation des ions chlorures contenus dans l'urine. Ce chlore produit pourrait aussi permettre la désinfection de l'effluent avant sa réutilisation

ECOSEC



2. PROTOCOLE DETAILLE

2.1 Localisation du Domaine de la Jasse

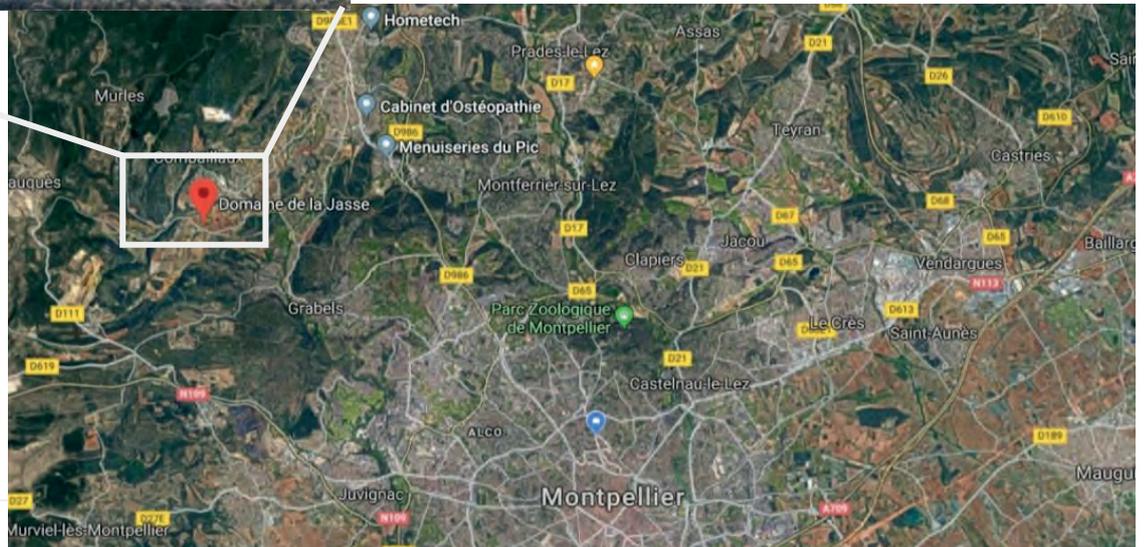
Combaillaux est un village à 13 km au Nord-Ouest de Montpellier (34-Hérault) d'environ 1500 habitants réparti sur une surface de 9 km².

La ville utilise en moyenne 120 m³/jour d'eau et en rejette 110 m³/jour. Le traitement s'effectue dans une Lombri-station (station d'épuration innovante de Lombri-filtration) qui minimise grandement l'impact des rejets anthropiques sur son environnement. Cette station d'épuration traite grâce à des procédés naturels et avec peu d'intrants.

Monsieur Bruno LE BRETON a racheté en 2008 le domaine viticole de 55 hectares de la Jasse situé sur la commune de Combaillaux. Il n'a cessé depuis de développer la politique RSE (Responsabilité Sociétale et Environnementale) et HVE (Haute Qualité Environnementale) du domaine. En 2013 le domaine obtient la certification HVE et ISO 26000 et devient le premier domaine familial viticole certifié de cette distinction en France.

Le domaine de la Jasse est situé sur le territoire d'AOC du Pic Saint Loup mais n'y est pas rattaché. En revanche il appartient au IGP d'Oc (vin d'indication géographique protégé du pays d'Oc).

La production est majoritairement orientée sur du vin rouge provenant principalement de cépage Cabernet-Sauvignon. Il est important de préciser que le domaine est un producteur négociant et que 90 à 95% de la production est destinée à l'exportation



2.2 La parcelle expérimentale : Plantier Haut

La parcelle expérimentale mise à disposition pour le projet est la parcelle nommée «Plantier» d'une surface totale de 7.8 hectares. Le système d'irrigation alimente tout le secteur «Plantier» par une arrivée située plein Nord (des regards de visite permettent de sectoriser les parcelles si besoin).

La sous-parcelle où se trouve nos expérimentations est nommée «Plantier PP haut» d'une surface 3.6 hectares accueillant deux cépages différents ; Merlot et Cabernet franc.

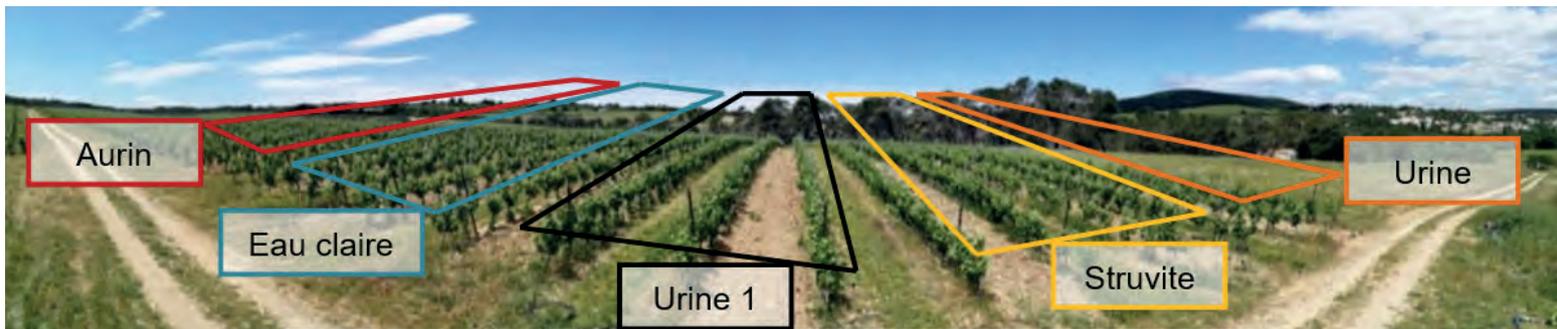
La parcelle expérimentale qui a été mis a notre disposition correspond à 1/10ème (15 lignes) de la surface totale du «Plantier PP haut». Voici ses caractéristiques :

Donnée d'entrée : Ligne de vigne (merlot)

- Longueur d'une ligne : 90 m
- Largeur de 15 lignes : 35 m
- Espacement inter-rang : 2,5 m
- Écartement des pieds de vignes : 90 cm
- Nombre de pieds de vignes par ligne : 100
- Surface exploitée (sur les 15 lignes) : 3375 m²
- Surface d'un traitement (3 lignes) : 675 m²

Donnée d'entrée : système d'irrigation

- Type de GàG : incorporé au tuyau PE
- Diamètre nominal : DN16
- Débit théorique des GàG : 2,3 L/h auto-régulant
- Espacement des GàG : 1 m
- Hauteur sol / GàG : 30 cm
- GàG par ligne : 90
- GàG par traitement : 270



2.3 Engrais utilisés dans par le domaine

L'intégralité des engrais utilisés sont conditionnés et vendus sous forme liquide sauf le produit ORGA 3 qui est sous forme de granule. En revanche l'application de cet engrais ORGA 3 se fait par une mise en solution dans un tank de fertilisation identique a celui utilisée pour les expérimentations en 2018.

Concentration des engrais conventionnels				
Espèce chimique	Azote	Phosphore	Potassium	Magnésium
Engrais	(En % de N/kg)	(En % de P/kg)	(En % de K/kg)	(En % de Mg/kg)
ORGA 3	3	2	3	3
Nitrate Mg	11	0	0	15
Nitrate K	13	0	46	0
Urée	46	0	0	0
MAP	12	61	0	0
Nutrifix N-P	10	20	0	0

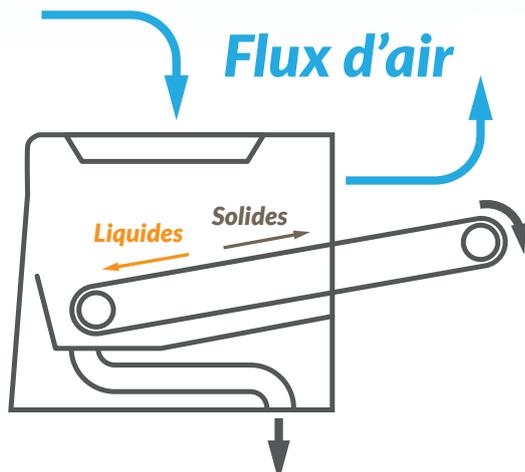


2.4 Fertilisants étudiés sur les parcelles valurine

2.4.1 Urine

Les urines utilisées lors de notre étude sont toutes récupérées par un trône à séparation Ecodoméo, qui sont disposés dans différents modèles de cabine louées par la SCOP Ecosec.

Dans certains cas les cabines munies du trône Ecodoméo sont couplés avec des urinoirs secs (partageant le même stockage d'urine). Les toilettes proposés par la SCOP Ecosec sont dans tout les cas dépourvus de raccordement aux réseaux d'eaux usées, et dans une grande partie des cas à l'électricité ce qui la rend autonome et déplaçable.



2.4.2 Aurin

L'Aurin est un engrais concentré mis sur le marché par l'entreprise VUNA, spin off de l'Eawag (Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau) au prix moyen de 24€ le litre.

Par un procédé de traitement (distillation, nitrification puis une filtration par charbon actif), l'urine humaine et ainsi concentrée, stabilisée puis filtrée pour être commercialisée sans risque.

L'Aurin est homologué comme engrais depuis début 2018 et est autorisé en production d'agriculture alimentaire humaine car reconnu comme engrais universel par l'Office fédéral suisse de l'agriculture

Le système Ecodoméo consiste en un tapis incliné en direction de l'évacuation des urines et d'un mécanisme (motorisé ou à pédale) qui actionne un tapis roulant. Lors de la vidange le tapis fait monter les matières solide jusqu'à un stockage et les urines sont donc séparées des fèces. Des racleurs successifs à l'arrière ramènent le trône propre et une ventilation forcée limite les odeurs.

D'une manière générale la stérilité des urines est une fausse vérité, en revanche elle est en général faiblement contaminée. Lors du contact de l'urine avec le tapis du trône les urines se chargent en fine particule en suspension (MES) et d'une certaine quantité de pathogènes. Ces MES peuvent être de taille et de concentration variable dans les urines récupérées pour cette étude, nous les avons donc étudiées à avant chaque utilisation.



2.4.3 Struvite

La struvite est un précipité (poudre cristalline : phosphate double d'ammonium et de magnésium hexahydraté de formule chimique NH_4MgPO) se formant naturellement dans les urines à l'aide du magnésium qu'elles contiennent, ou forcé par un ajout de magnésium, ce qui favorise et accélère la réaction.

Ce précipité est produit localement et en continue dans la station d'épuration de CASTRES, puis évacuée par camion comme n'importe quel déchet de station d'épuration. Cette poudre pose problème dans le cycle de traitement des eaux usées, celle-ci provoque des dommages sur le matériel et diminue son rendement.

En France, dans de rare cas la struvite est valorisée en agriculture pour ses propriétés fertilisantes, dans certains pays comme l'Allemagne un mélange d'urine et de struvite sont utilisés pour fertiliser les cultures.

Malgré la forme stable de la struvite issue du traitement des eaux / urines, on observe une certaine variabilité autant sur sa granulométrie, sa pureté ou sa concentration.

La struvite a des paramètres proches du MAP (engrais conventionnel utilisé largement en agriculture) comme son état naturellement solide. Par exemple ils sont tous deux peu soluble dans l'eau ce qui les fait rentrer dans le groupe des engrais à diffusions lentes dans le sol.

2.5 Méthodologies terrains

2.5.1 Protocole expérimental

COLLECTE

La collecte de l'urine dans la cabine jusqu'au stockage sur site est effectuée par le système de trône à séparation sans eau Ecodoméo, celle-ci est acheminé usuellement par un réseau PVC collé en DN 40 derrière la cabine pour par la suite être stocké hermétiquement. Le trône Ecodoméo dispose d'un trop plein suivi d'un évent anti-odeur faisant office de clapet anti-retour.

La collecte de l'Aurin n'est pas du ressort de la SCOP Ecosec ou des partenaires du projet, en effet cet engrais est produit, conditionné et envoyé par l'entreprise VUNA de Suisse directement dans nos locaux en France à Montpellier.

La collecte de la struvite s'effectue directement sur son lieu de production, c'est à dire directement sur la station d'épuration de Castres géré par la Castraie des eaux et l'entreprise NASKEO.

La collecte des échantillons suit une méthodologie fonction de sa nature (sol, plante, raisin et canalisation),

La totalité des échantillons prélevés sur le terrain ont été effectués par la SCOP Ecosec. Voici globalement les méthodologies utilisées suivant les types d'échantillons prélevés :

- Le sol est prélevé à l'aide d'une tarière allant jusqu'à une profondeur de 35 cm sur 3 différents trous (1 par ligne) non loin des gouttes à gouttes dont les débits ont été mesurés. Ces 3 échantillons sont mélangés ensembles pour fournir un échantillon de sol par traitement de 0 à 35 cm de profondeur (remplissage d'environ 500 g de sol dans un sachet de congélation).
- La plante est échantillonnée manuellement directement à partir du pied de vigne sur la parcelle expérimentale (prélèvement de feuille). Un échantillon est prélevé sur chacun des traitements, une feuille est prélevé par pied de vigne de manière aléatoire sur l'intégralité du traitement (remplissage de 10 feuilles un sachet congélation).
- Le raisin est cueilli manuellement juste avant les vendanges directement sur site sur chacun des traitements de la parcelle. Chacun des échantillons comporte entre 2 et 3 grappes correspondantes à un traitement (fonction de la taille de celle-ci), placé dans un sac congélation.

- Les goutteurs sont prélevés manuellement avec l'aide du domaine de la Jasse, le prélèvement s'effectue par un remplacement de toutes les sections ayant eu des débits mesurés (4 goutteurs) sur les 3 traitements représentatifs (urine, eau claire et l'Aurin). Les goutteurs analysés sur chacun des 3 lignes sont ceux qui sont le plus sujet aux colmatage.



STOCKAGE

Le stockage de l'urine (à épandre) sur site s'effectue dans tout les cas dans une tonne à eau translucide afin de pouvoir continuer l'auto-hygiénisation parmontée du pH et par l'action des UV au cours du temps. Cette tonne est fermée hermétiquement.

A titre comparatif expérimental le stockage de l'urine pour étudier sa contamination s'est fait à l'IRSTEA dans les conditions les plus défavorables possible, c'est à dire dans une tonne à eau opaque à l'abri du soleil et de façon hermétique, afin de limiter les pertes d'azote gazeux.

Le remplissage se fait à l'aide d'une pompe thermique ou d'une pompe électrique (suivant la disponibilité) équipé d'une crépine avec clapet anti-retour.

Les tonnes à eau utilisées sont équipées d'une vanne guillotine plastique, d'une armature métal ainsi que d'une graduation de volume.

Le stockage de l'Aurin s'effectue dans un endroit sec, abrité de la lumière et directement dans les bidons dans lequel nous le recevions (mis en bidon par EAWAG). En somme nous nous contentons de mélanger la totalité du volume d'Aurin afin de l'homogénéiser et l'analyser dans le but de connaître la concentration de la solution homogénéisée totale.

Le stockage de la struvite se fait dans un endroit sec, abrité de la lumière et directement dans les sacs utilisés lors de la récupération sur site (station d'épuration de NASKEO).

Le stockage des échantillons solide (sol, raisin et feuille) s'effectue dans des sacs hermétiques à congélation, ceux-ci son identifié directement sur le sac et par une étiquette placé dans l'échantillon avec les informations de l'échantillon (traitement correspondant, date et nature de l'échantillon). Les échantillons solides son congelé directement après leurs prélèvements soit chez Ecosec, soit directement à l'IEM (changé des envois).

Le stockage des échantillons liquide (jus, urine et Aurin) s'effectue dans des bouteilles d'échantillonnages muni de bouchon serti d'une capacité de 300 mL, les bouteilles son identifiés via des étiquettes collés sur les récipients avec les informations des échantillons (traitement correspondant, date et nature de l'échantillon) Les échantillons liquide son mis au frais directement après leurs prélèvements soit chez Ecosec, soit directement à l'IEM et/ou a l'IRSTEA.

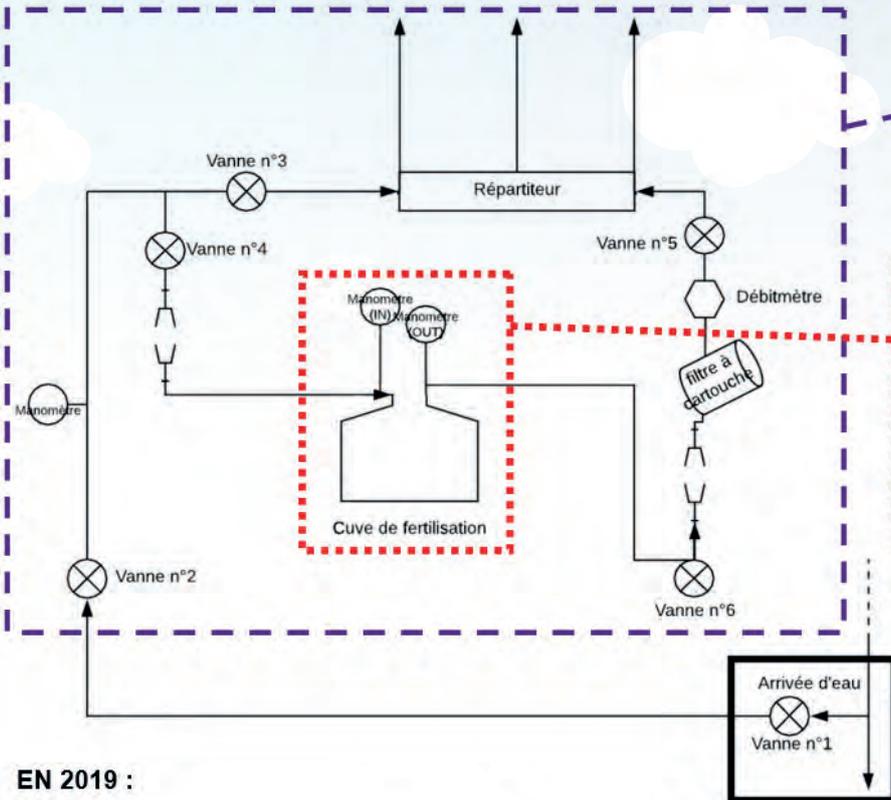
SYSTÈME D'INJECTION

Ce système comporte 8 éléments importants :

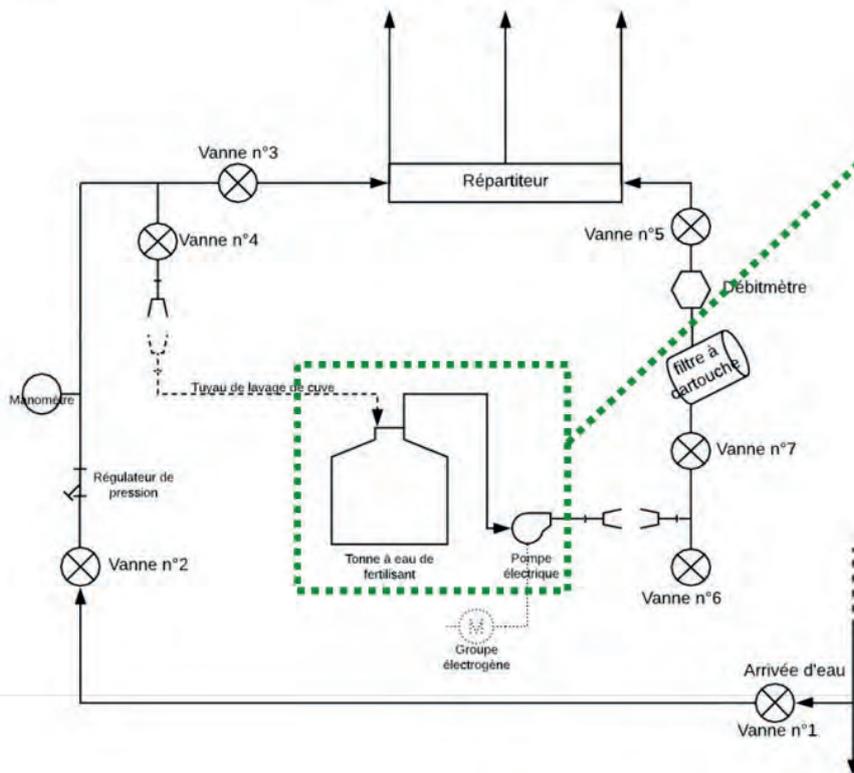
- Manomètre : Mesure de pression
- Tonne à eau : Introduction d'engrais dans le système
- Filtre disque 130 micromètre
- Débitmètre

- Vannes
- Régulateur de pression (permet de conserver une pression stable)
- Pompe électrique et groupe électrogène

EN 2018 :



EN 2019 :



METHODOLOGIE DE MESURE DU RENDEMENT DE PRODUCTION 2019

1ère étape : Test qualité sur le terrain : (effectué par le domaine de la Jasse)

Cette pratique suit la méthodologie fixée par le domaine de la Jasse qui effectue ces analyses sur la totalité des parcelles vendangées, elle est donc gérée et maîtrisée par le domaine viticole.

2ème étape : Mesure quantitative sur le terrain (effectué par Ecosec)

Nous avons utilisé un transpalette de pesée loué par le domaine de la Jasse pour l'occasion. A l'aide d'une palette et d'un récipient de 300 litres nommé «comporte». La précision de ce matériel est de l'ordre du kilogramme.

METHODOLOGIE D'ANALYSE DES MEDIAS

Les médias à comparer (sol, plante, vin) sont prélevés à 2 moments clés d'une saison type (2018 et 2019), qui sont en amont de l'épandage et en aval des vendanges. Les résultats qui en découlent sont soumis aux délais des laboratoires, ainsi qu'aux quantités d'éléments à analyser.

La liste des éléments recherchés a été adaptée au fil du projet en fonction de la réalité du terrain et des recherches effectuées sur le sujet.

Sol :

Nous avons prélevé un état initial, en amont de l'épandage et nous souhaitons réitérer cette action après les vendanges qui ont eu lieu autour de septembre 2018. Les analyses ont été réalisées par un laboratoire externe spécialisé (laboratoire AURÉA). La comparaison s'est effectuée entre les données initialement récoltées et celles opérées à la suite des vendanges en 2019.

L'analyse des NPK permet de suivre l'évolution des différents transferts de nutriments entre le sol et la plante. La mesure du pH sert à déterminer l'acidification des sols. L'analyse de la teneur en NaCl est importante afin de quantifier l'impact et le mouvement

des sels minéraux.

La quantification des pathogènes est permet d'en déterminer la présence/absence au cours du temps.

Fruits :

La pesée à sec nous permet d'avoir la teneur réelle en fruits exempt d'eau, la comparaison avec la pesée humide aide à connaître le pourcentage d'eau dans une grappe. La teneur en sucres est un indicateur crucial concernant la qualité du jus et donc directement du vin produit. La mesure du pH est très importante concernant les procédés de dégradation (fermentation/vinification) du jus par les levures.

La dégustation des baies en solution correspond au premier indicateur concernant la qualité organoleptique du jus/vin. La mesure de l'IPT (Indice de Polyphénols Totaux) permet de déterminer les qualités d'un vin, notamment son aptitude à la garde. Le tanin est un indicateur de qualité organoleptique et de conservation du vin.

Jus :

La teneur en sucres est un indicateur crucial concernant la qualité du jus et donc directement du vin produit.

La mesure du pH est très importante concernant les procédés de dégradation (fermentation/vinification) du jus par les levures.

L'analyse des NPK permet de suivre l'évolution des différents transferts de nutriments.



Test de maturité :

- Le poids des baies ainsi que des pellicules pour connaître le rapport entre la pellicule et la baies.
- Le pourcentage de volume potentiel qui correspond au volume d'alcool théorique obtenus.
- L'acidité totale ainsi que la quantité de sucre par baie afin d'en extraire un rapport sucre sur acidité, très important pour suivre la maturité de la production ainsi que son bon fonctionnement.
- La mesure du pH est très importante concernant les procédés de dégradation (fermentation/vinification) du jus par les levures.

Plante (feuille) :

Les fruits et le jus à analyser ont été récoltés avant les vendanges, afin d'éviter leurs altérations. Les feuilles quant à elles ont été ramassées après les vendanges. Cela nécessite 100 grammes de feuilles qui ont été comparées à des cultures non irriguées par l'urine ou un de ses dérivés.

- Une analyse pétiolaire permet de voir l'assimilation par la plante des éléments nutritifs présents dans le sol.
- Enfin cette analyse des éléments NPK aide à comprendre les transferts entre le sol, la plante et le fruit.

Vin :

Une microvinification a été effectuée en 2018 et 2019, suite aux vendanges, directement sur le Domaine de la Jasse, par une unité miniature de vinification. Les analyses ont également été effectuées par le laboratoire Natoli. La comparaison a été effectuée entre le vin issu du reste du domaine et le produit de cette microvinification. Les éléments concernés par cette analyse sont listés ci-dessous.

- La teneur en sucres comme indicateur crucial concernant la qualité du vin produit et sa teneur en alcool.
- La mesure du pH, très importante concernant les procédés de dégradation (fermentation / vinification) du vin.
- La mesure de l'IPT (Indice de Polyphénols Totaux) permet de déterminer les qualités d'un vin, notamment son aptitude à la garde.
- Le tanin est un indicateur de qualité organoleptique et de conservation du vin.

2.6 Enquête Sociologique

2.6.2 Impact du récit

Pour une première enquête dégustation, nous avons présenté deux bouteilles de vin (issu d'une seule bouteille, donc rigoureusement identiques) expliquant :

- Un vigneron a effectué des tests avec ses vignes, fertilisant une partie avec les urines humaines,
- L'autre partie de sa parcelle avec des engrais conventionnels,

« Nous voulons savoir si vous ressentez une différence entre les deux vins fertilisés différemment mais issus du même cépage, même terroir, même année »

2.6.1 Les analyse de groupe

Trois dégustations de groupe ont eu lieu, pour cibler une clientèle variée :

- Cave du Boutonnet : la cave est spécialisée dans les vins bio et naturel. En conséquence, nous attendions un public plus sensibilisé aux sujets de durabilité, et peut-être plus ouvert à l'idée des urines comme engrais.
- Quartier Alco / SupAgro : un soirée voisinage, ciblé au public « classe moyenne » qui ne sont pas spécialisé dans le vin.
- Rencontre Occ'Lab, salle de fête à Montarnaud : une rencontre d'Occ'Lab – Public familial. La différence avec les autres dégustations, était que la plupart des gens le faisait individuellement, donc ils étaient moins exposés aux avis du groupe.

2.6.2 Le déroulement des tests individuels

De la même manière que pour les deux tests précédents, nous utilisions deux bouteilles avec le même vin à l'intérieur. Nous introduisions le projet Valurine, explication du projet avec un récit type, puis :

- Dégustation des deux vins : les étiquettes étaient « 1. Engrais : classique » ; « 2. Engrais : fertilisé avec les urines humaines »
- Les enquêtés étaient invités à indiquer quel vin il achèterait, en mettant une bille dans un de trois verres marqués

2.6.3 Questionnaires

Cette étude a été réalisée sur un petit échantillon, mais donne des directions sur l'acceptabilité des vins issus des vignes fertilisé avec les urines, et permet de proposer des orientations types de marketing.

Questions posées :

- Age / sexe
- Comportement relatif au vin (budget, intérêt, lieu d'achat)
- Avis sur les étiquettes « test »
- Si la personne a déjà entendu parler du sujet des urines humaine comme engrais
- Acceptabilité des urines humaines comme engrais,
- Informations nécessaires pour informer et rassurer le public.

Étiquettes :

Nous avons créé quatre étiquettes, s'inspirant de la charte graphique du Domaine de la Jasse, avec la mention des urines comme engrais. L'idée était de tester différentes approches marketing.

- Étiquette « amusant » avec un clin d'œil à Boris vian, mais sans être trop offensif (A)
- Étiquette « classique » basé sur la Réserve d'Excellence, + de standing (B)
- Étiquette « nature » basé sur l'étiquette des vieilles vignes (avec un dessin d'un arbre) (C)
- Étiquette « blague » qui joue totalement sur l'idée des urines, dans la même approche que le « vin de merde » (D)



A.

B.

C.

D.

2.6.4 Autres entretiens et tests en groupe

Des entretiens ont aussi été réalisés avec des spécialistes du vin, notamment avec deux cavistes, et un spécialiste en marketing du vin.

Le projet Valurine était présenté à un groupe d'étudiantes en master Commerce du Vin au MOMA à Montpellier, et elles ont pris ce sujet comme cas étude.



2.7 Méthodologies en laboratoire

2.7.1 Protocole d'Analyse

EFFLUENTS ANALYSÉS

Dans un premier temps, les urines a épandre sont analysées avant chaque épandage afin de connaître leurs concentrations en élément fertilisant dans le but de pouvoir calculer les apports correspondants, c'est à dire l'Azote, le Phosphore et le Potassium (N,P et K).

Dans un second temps les urines destinées a l'étude de l'abattement en pathogène provenant de la même source sont divisées en deux stockages identiques, l'un est un réservoir translucide placé au soleil, l'autre est un réservoir opaque placé à l'abri du soleil.

Le but de ces deux réservoirs est d'étudier l'action du soleil et de la température sur le pH ainsi que sur la quantité de pathogène résiduel au cours du temps.

Les analyses sur ces deux réservoirs portent sur les teneurs en micro-organisme pathogènes, plus précisément sur les Escherichia Coli, les Coliformes totaux et les Entérocoques d'origine fécale.

L'Aurin et la struvite destinés à l'épandage sont analysés afin de connaître leur concentration en éléments fertilisants (éléments Azotés dans l'Aurin et en éléments phosphorés dans la struvite).

2.6.1.3 METHODOLOGIE D'ANALYSE : KITS IDEXX

Le protocole concernant les analyses en éléments pathogènes doit suivre celui fourni par IDEXX FRANCE, il est présent à l'IRSTEA de façon dématérialisé et papier (dans le laboratoire)

La quantité de réactif utilisé lors des analyses est difficile à approximer car il dépend de la dilution, de la qualité de la manipulation, ainsi que du respect des temps et des températures d'incubation. Deux types de réactif spécifique aux échantillons analysés sont commandés et employé ;

- COLILERT - 18 : Ils servent au dénombrement des souches E.colis et plus généralement des Coliformes totaux

- ENTEROLERT - E : ils servent au dénombrement des souches d'Entérocoques fécaux.
- Un kit IDEXX est composé de :
 - 1 flacon de thiosulfate et un bouchon
 - 1 plaque de cupule
 - 1 réactif de COLILERT-18 ou ENTEROLERT-E

Il a été choisi de réaliser plusieurs dilutions (diluer :D10, D100, D1000 et D10000) sur les échantillons afin d'obtenir des résultats lisibles dans la gamme d'IDEXX.

METHODOLOGIE D'ANALYSE : CULTURE SUR FILTRE /BOÎTE DE PÉTRI

Les informations suivantes sont extraites du rapport final de M. GIAMBERINI décrivant les méthodologies opérées lors des analyses à la faculté de pharmacie de Montpellier effectuées en 2019.

Les analyses microbiologiques ont été effectuées au laboratoire HSM, UMR 5569, à la faculté de pharmacie de Montpellier. Les bactéries recherchées sont des ICF tels que les entérocoques, les coliformes totaux, et les coliformes thermotolérants (e.g. Escherichia coli).

La méthode d'analyse utilisée est le comptage de colonies sur milieu sélectif, avec deux techniques que voici :

1. Premièrement, la filtration d'un volume de 1 mL d'échantillon d'urine brute, sur un filtre en nitrate de cellulose, avec une largeur de maille de 0,45 µm, relié à une pompe électrique.
2. Secondement, l'étalement direct d'un volume de 0,100 mL des échantillons d'urine dilués au 10ème, 100ème, 1 000ème, 10 000ème, est effectuée sur milieu sélectif à l'aide d'un râteau stérile en plastique.

Pour les coliformes totaux, la température d'incubation est de 37°C, pendant 24 heures. Pour les coliformes thermotolérants, la température d'incubation est de 44°C, pendant 24 heures. Après incubation, le nombre de colonies est compté au sein des boites contenant entre 15 et 150 colonies.



METHODOLOGIE DES KITS D'ANALYSES LCK 238

Les protocoles concernant les analyses doivent suivre ceux fournis par les kits LCK 238 Ntotal, présents à l'intérieur des boîtes des différents kits à l'IEM et à l'IRSTEA, néanmoins, une vérification par chromatographie ionique a été effectuée par l'université de science de Montpellier.

Analyses physico-chimiques

Différentes analyses physico-chimiques ont été effectuées sur 5 substances : l'urine récoltée dans des toilettes Ecosec à Toulouse (temps de stockage entre 1 et 6 semaines) (Urine T), à Collioure (temps de stockage entre 1 semaine et 6 mois) (Urine C), sur le mélange d'urines (Urine mélange) provenant de différentes villes (Toulouse, Collioure, Montpellier), sur l'Aurin, et sur de la Struvite solubilisée dans de l'eau distillée à une concentration de 150 mg/L.

Ces analyses permettent de caractériser ces substances afin de connaître les quantités de chacune d'elle à épandre sur les parcelles expérimentales du projet (NPK). Les analyses physico-chimiques des urines, de l'Aurin, de la struvite, sont effectuées à l'IEM, sur la faculté des sciences de Montpellier.

Les différents paramètres mesurés sont, la teneur en azote total (NTot), la Demande Chimique en Oxygène (DCO), les Matières En Suspension (MES), le pH, la conductivité.



3 EXPERIMENTATION

3.1 Préambule

3.1.1 Données météo

MÉTÉO DU DOMAINE DE LA JASSE

Afin d'étudier en condition réel les effets de l'utilisation de l'urine et de ses dérivés en agriculture sur deux années consécutives, il convient de suivre les données météorologiques. Le projet s'occupe de suivre les apports préconisés par le domaine de la Jasse afin d'opérer une comparaison entre nos expérimentations et la conduite normale du domaine.

Un planning prévisionnel de fertilisation en fonction de la météo a été élaboré en début d'année.

Le domaine utilise les données de la station météorologique présente sur l'exploitation ainsi que leurs propres analyses de sol afin d'adapter les apports en fonction des besoins d'une année sur l'autre.

L'étude des données météo en provenance des stations est primordiale car directement influent sur le planning de fertilisation de 2018 et 2019.

Au vue des résultats météo de 2017 (faible précipitation 313 mm) l'apport prévu début 2018 par le domaine correspondait à 878 litres d'urine par traitement (675 m² de vigne) sur une année.

Suite aux fortes précipitations de 2018 (906 mm) qui ont rendu bio disponibles les engrais de l'année précédente (2017) les prévisions d'apports en urine pour se caler au reste du domaine ont chutées à 3,3 litres par traitement.

3.2 Données sur les engrais et fertilisants utilisés

3.2.1 Urine

En 2018 :

L'urine utilisée la 1^{ère} année provient d'un événement ponctuel (festival de la BAF) sur Montpellier le 07/04/2018. Lors de cet événement 450 litres d'urine ont été récoltés.

En 2019 :

L'urine de la 2^{ème} année a été récoltée sur deux lieux différents, Le château de Collioure et la Cartoucherie de Toulouse (Dernière collecte d'urine le 25/04/2019).

Les paramètres physico-chimiques de l'effluent Ecoséc ont été suivis pendant la période stockage. Les analyses réalisées in situ à IRSTEA ont été les suivantes :

- MES : selon la méthodologie par filtration consistant à mesurer la concentration en matières en suspension sur un filtre après passage de l'effluent et séchage
- Eléments nutritifs, DCO, DBO₅ : au moyens de kit LCK d'analyse rapide par photométrie (Hach-Lange)
- Pour le pH et la conductivité : au moyen d'une sonde multiparamètres Hach-Lange

Date	02/07/2019	28/08/2019	06/11/2019	12/02/2020
Age (j)	64	121	191	289
Age(mois)	2,1	4	6,3	9,5
PHYSICO CHIMIE				
IG579 : Conductivité à 25°C				
Conductivité à 25°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	27000	27000	26000	29000
Température de mesure de la conductivité (°C)	23	22	21	22
IG590 : Mesure du pH				
pH	9	9	8,39	6,4
Température de mesure du pH (°C)	23,2	22,1	21,4	22,3
IG463 : Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) (mg/L)				
	1960	2020	1650	1490
IG473 : Azote Kjeldahl (NTK) (mgN/L)				
	4170	4280	3570	2840
GS9E : Azote global (NO ₂ +NO ₃ +NTK) (mgN/L)				
	4172,3<x<4172,54	4277,5<x<4277,74	3570	2840
IG05A : Demande chimique en oxygène (ST-DCO) (mgO ₂ /L)				
	4970	3540	3490	3390
IG06Y : Azote Nitreux / Nitrites (NO ₂)				
Nitrites (mg NO ₂ /l)	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Azote nitreux (mgN-NO ₂ /l)	<0,012	<0,012	<0,012	<0,0122
IG06W : Azote Nitrique / Nitrates (NO ₃)				
Nitrates (mg NO ₃ /l)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Nitrates (en N) (mg N-NO ₃ /l)	<0,23	<0,23	<0,23	<0,226

Le tableau ci-dessus montre le suivi des paramètres physico-chimiques sur une période de plus de 9 mois de stockages en milieu opaque.

On remarque que pour les 6 premiers mois les paramètres analysés restent stables avec peu de modification dans la composition de l'effluent.

Les 2 dernières analyses montrent cependant une diminution du pH et une augmentation de l'azote ammoniacal et de l'ammonium. On peut noter également :

- Concernant la valeur fertilisante, l'azote se retrouve essentiellement sous forme ammoniacale
- Une conductivité qui reste élevée pour la plupart des cultures (Levy et al. 2011), en cas d'épandage cela peut nécessiter de la dilution avec des eaux douces afin d'éviter une salinisation du sol, sauf en situation de lessivage par les pluies hivernales
- Les valeurs de DBO₅ et DCO élevées peuvent favoriser dans le temps un colmatage biologique des goutteurs si on en croit les critères de Nakayama

et Bucks 1991 appliqués à la fertigation, un rinçage du système d'irrigation à l'eau brute ou par nettoyage chloration sera recommandé juste après épandage d'urine pure.

ANALYSE PATHOGENE

On remarque des incohérences dans les résultats ci après à la fois en laboratoire mais aussi in situ avec la méthode Idexx. En effet, concernant les analyses en laboratoire il semblerait qu'une forte concentration en E.Coli soit mesurée alors qu'aucun Coliformes n'est présent, ce qui est impossible étant entendu que les E.Coli sont une famille de coliformes. De même dans les analyses in situ, on remarque des divergences entre les dilutions notamment entre coliformes et E.Coli.

Après discussion avec le laboratoire Eurofins hydrologie, il semblerait que les résultats incohérents des analyses par microplaques proviennent d'un élément interférant présent dans l'effluent et créant des faux positifs et donc de faux résultats. Cette conclusion a ensuite été confirmée après échange avec le fournisseur des kits d'analyses Idexx.

Date	Age de l'effluent (j)	Type d'analyse	Dilution	Coliformes		E.Coli		Entérocoques	
29/11/2018	0	Laboratoire (Eurofins)	Urine jeunes	<3	NPP/100ml	2,7E+4	NPP/100ml	4,8E+4	NPP/100ml
		Idexx	D100	4,6E+4	NPP/100ml	1,0E+2	NPP/100ml	4,1E+4	NPP/100ml
			D1 000	3,8E+4	NPP/100ml	3,0E+3	NPP/100ml	3,0E+4	NPP/100ml
			D10 000	3,1E+4	NPP/100ml	(Hors gamme)	NPP/100ml	2,0E+4	NPP/100ml
			D100 000	1,0E+5	NPP/100ml	(Hors gamme)	NPP/100ml	(Hors gamme)	NPP/100ml
D1 000 000	(Hors gamme)	NPP/100ml	(Hors gamme)	NPP/100ml	(Hors gamme)	NPP/100ml			
Date	Age de l'effluent (j)	Type d'analyse	Dilution	Coliformes		E.Coli		Entérocoques	
13/12/2018	14	Laboratoire (Eurofins)	Urine vieilles (moyennement chargées)	<20	ufc/100ml	2,3E+4	NPP/100ml	7,3E+3	NPP/100ml
			Urine vieilles (peu chargées)	<1	Ufc/2 ml*	>35000	NPP/100ml	>35000	NPP/100ml
			Urine vieilles (très peu chargées)	/		<1	Ufc/2 ml**	42	Ufc/2 ml***
		Idexx	D100	0,0E+0	NPP/100ml	0 ou 2.4*10 ⁵ (lecture non concluante)	NPP/100ml	2,4E+5	NPP/100ml
			D1 000	0,0E+0	NPP/100ml	0,0E+0	NPP/100ml	1,3E+5	NPP/100ml
D10 000	0,0E+0		NPP/100ml	0,0E+0	NPP/100ml	2,5E+5	NPP/100ml		
D100 000	0,0E+0		NPP/100ml	0,0E+0	NPP/100ml	0,0E+0	NPP/100ml		
				*soit <50 ufc/100ml		**soit <50 ufc/100ml		***soit 200 ufc/100ml	

Paramètres	Urine Classique Européenne		Campagne Valurine		
			2018	2019 (1)	2019 (2)
pH	7.9	± 0.6		9.17	9.12
Conductivité (mS/cm)	17.4	± 5			
Azote total (mgN/L)	6682	± 1488	4257	6493	5074
Ammonium (mgNH ₄ /L)					6524
DCO	7003	± 2062	3600	5050	4380
COT (mgC/L)	5160	± 1130			
IC (mgC/L)	600	± 550			
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	907	± 190	231	724	641
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	937	± 192	471	751	678
Ca ²⁺ (mg/L)	155	± 36	34	158	146
Mg ²⁺ (mg/L)	25	± 24	2		9
Na ⁺ (mg/L)	2382	± 244	892	1730	1488
K ⁺ (mg/L)	2377	± 374	733	1638	1328
Cl ⁻ (mg/L)	4380	± 481	1542	3103	2640

3.2.2 Aurin

Malgré la stabilité de cet engrais, il était important de l'analyser afin de vérifier, puis ajuster les concentrations en éléments car celui-ci provient d'une source à forte variabilité (urine humaine d'un bâtiment ouvert au public, rendement de traitement fonction des rétro-lavage du système, etc ...).

PROVENANCE

La source de collecte des urines utilisées par Vuna dans la production de l'Aurin ce trouve dans le bâtiment de production alimenté par les employés et visiteur.

Le système de collecte consiste en une série d'urinoirs secs et de toilettes à séparation, suivi d'un réseau d'urine dédié jusqu'à un stockage en sous-sol.

COMPOSITION

Les informations de l'étiquette et la valeur réellement constaté de C, MES ... sur 2018 / 2019 sont les suivantes :



Concentration : Etiquette			Concentration : Analyses Maxime		
Aurin (42.33.6)			Aurin (42.33.6)		
Composition	%	mg/L	Composition	%	mg/L
Total N	4,2	42000	Total N		61400,00
COT (mgC/L)	0,1	1000	COT (mgC/L)		
P2O5	0,4	4000	P2O5		9440,00
P	0,175	1750	P		2636,40
K2O	1,8	18000	K2O		
K	1,494	14940	K		21630,00

3.2.3 Struvite

Dans le cadre du projet Valurine la struvite est épandu sous forme solide après analyse en laboratoire directement sur la parcelle expérimentale. La struvite étant plus chargée en phosphore qu'en azote (a l'inverse de l'urine et de l'Aurin), nous avons effectué les calculs de fertilisation non pas sur l'azote mais sur l'élément phosphore.

PROVENANCE

La struvite utilisée pour les essais était produite et récupéré en station d'épuration de Castres en 2017 et stocké dans un seau fermé hermétiquement, à l'abri du soleil et dans les locaux d'Ecosec.

En 2019 la poudre utilisée a été récupéré en station d'épuration par le biais d'un partenariat avec la société NASKEO afin de disposer de l'autorisation de prélèvement et des analyses effectuées.

Cette struvite provient de la station d'épuration de Castres, gérée par la Castraise des Eaux et NASKEO.

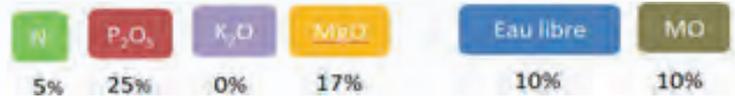
COMPOSITION

	Eléments fertilisants (%massique)
N	4.9
P	11.4
MgO	16.9
CaO	2.3
K2O	0.16



Ce qui donne en formule classique de fertilisant NPK + MG le ratio suivant : 5.26.0 + 17

Composition du fournisseur : NASKEO



3.2.1 Plan d'épandage du domaine de la Jasse 2018-2019

2018

La fertilisation du domaine de la Jasse est variable en fonction des années, de la météo, des produits utilisées mais aussi des gestionnaires, c'est à dire des chefs de culture.

Historiquement le secteur vinicole sépare leurs apports d'une année en deux différents apports, l'un autour du mois de Mai pour accroître la croissance végétative, l'autre autour du mois Juillet pour favoriser la production de fruit.

A la suite des phénomènes météorologiques exceptionnels de 2018 (906 mm contre 313 mm en 2017 !), nous passons d'un besoin de 720 L (apports en 2 fois) d'urine pour 675 m² à seulement 3.3 litre d'urine toujours pour 675 m²

=> les engrais épandus en 2017 n'était pas encore assimilables par les plantes, donc très peu d'engrais épandu en 2018.

Pour les besoins du programme de recherche, nous avons décidé de multiplier par 10 la quantité d'urine épandue pour obtenir un minimum de résultats.

Engrais conventionnel prévu début 2018		
Donnée du domaine de la Jasse		
Nitrate de Magnésium	NPK/Mg : Unité / ha)	
Apport Jasse = 100 kg	N	11
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	P	0
	K	0
	MgO	15
Nitrate de Potassium	NPK/Mg : Unité / ha)	
Apport Jasse = 100 kg	N	13
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	P	0
	K (K2O)	46
	K	38,17
MAP	NPK/Mg : Unité / ha)	
Apport Jasse = 25 kg	N	12
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	P (P2O5)	61
	P	26,63
	K	0
Urée	NPK/Mg : Unité / ha)	
Apport Jasse = 40 kg	N	46
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	P	0
	K	0

Engrais conventionnel épandu par le domaine 2018		
Nutrifix N-P	NPK/Mg : Unité / ha)	
Apport Jasse = 10 kg	N	1
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	P	2
	K	0

Apports en 2018

Urine, volume épandu en 2018 :

- Ligne Urine : 33.75 Litres / 675 m²

Struvite, masse épandue en 2018 :

- Ligne Struvite : 1,35 kg / 675 m² (soit 5 g par GàG)

Aurin, volume épandu en 2018 :

- Ligne Aurin : 3,510 L / 675 m²

Le Domaine de la Jasse a choisi de fertiliser uniquement par l'ajout de Nutrifix N-P (10.20.0/0), afin de coller aux pratiques du vigneron, nous avons utilisé ce produit sur chacun des traitements.

Après équilibrage en fonction des apports, nous avons conclu les quantités suivantes de produits à épandre associés aux besoins en NPK :

Apport 2018 par traitement (traitement = 675m ²)	
Urine (l)	33,750
Nutrifix N-P (kg)	5,738
Urine 1 (l)	33,750
Nutrifix N-P (kg)	5,738
Struvite (kg)	1,350
Nutrifix N-P (kg)	5,940
Aurin (l)	3,510
Nutrifix N-P (kg)	5,805
Eau claire (l)	NC
Nutrifix N-P (kg)	NC

Apport en 2019

La première version du planning 2019 de fertilisation est visible sur le tableau ci-contre, celui-ci a été repris par les acteurs du projet afin de le reporter dans notre fichier de calcul des apports en 2019.

Les apports préconisés se sont avérés adaptés aux besoins associés sur la 1^{ère} et 2^{ème} session d'épandage pour l'année 2019.

Apport en engrais conventionnel 2019		
Total 1 ^{er} apport en 2019	NPK/Mg : Unité / ha	
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	58
	P	31,25
	K	70
	Mg	39
Total 2 ^{ème} apport en 2019	NPK/Mg : Unité / ha	
Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	18
	P	0
	K	0
	Mg	0

Engrais conventionnel 2019 Donnée du domaine de la Jasse		
Nitrate de Magnésium	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 100 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	11
	P	0
	K	0
	MgO	15
Nitrate de Potassium	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 100 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	13
	P	0
	K (K2O)	46
	K	38,17
MAP	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 25 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	12
	P (P2O5)	61
	P	26,63
	K	0
Urée	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 15 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	46
	P	0
	K	0
ORGA 3	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 800 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	3
	P	2
	K	3
	MgO	3
Urée	NPK/Mg : Unité / ha	
Apport Jasse = 40 kg Unité / ha = kg de N, P, K ou Mg pour 100 kg d'engrais sur un hectare	N	46
	P	0
	K	0

Urine :

- Volume épandu 1ère épandage :
Ligne Urine : 603 Litres / 675 m² = 6.5 g/L de N
- Volume épandu 2ème épandage :
Ligne Urine : 253 Litres / 675 m² = 4.8 g/L de N

Struvite :

- Masse épandue 1ère épandage :
Ligne Struvite : 18.4 kg / 675 m² = 114 g/L de P
- Nota : L'analyse de la concentration en NPK dans la struvite peut-être problématique du fait du faible facteur de solubilité de celle-ci.

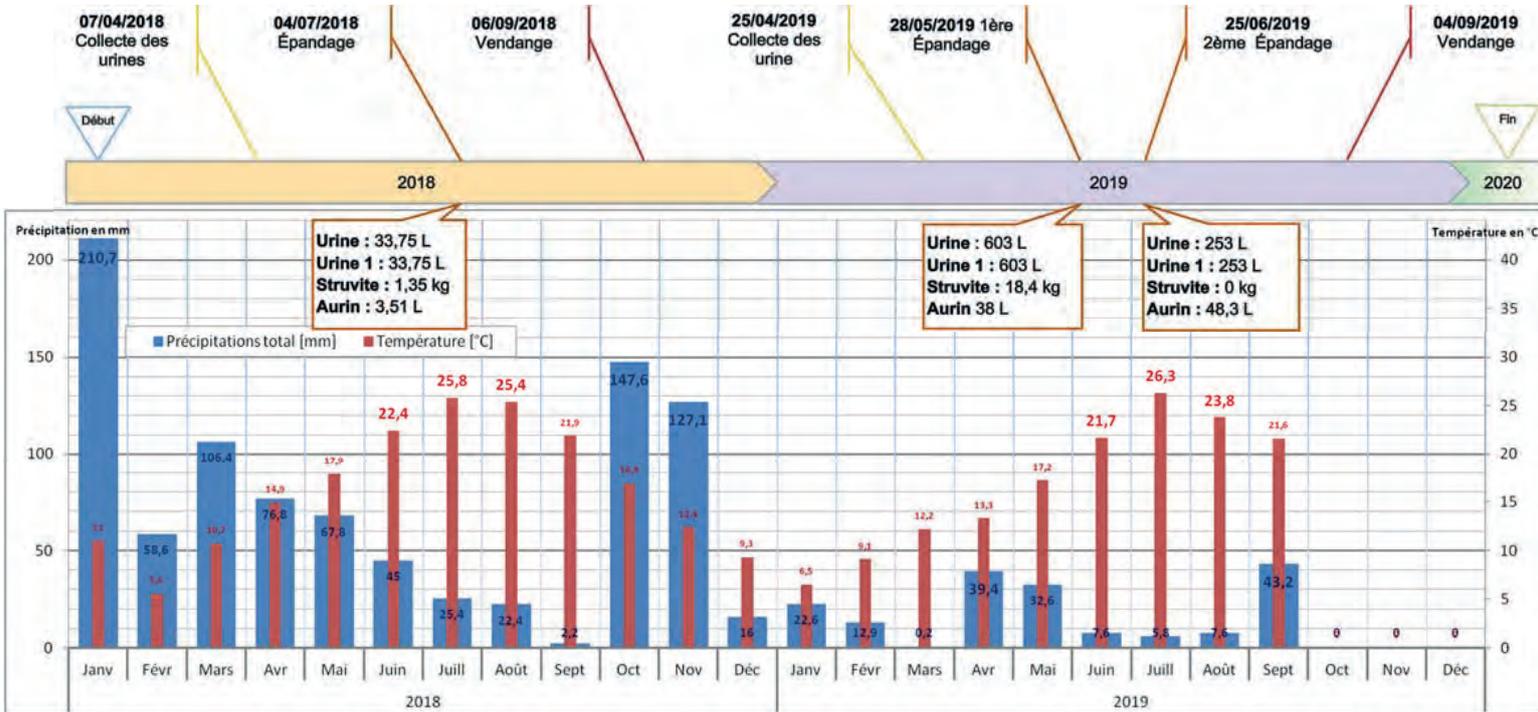
Aurin :

- Volume épandu 1ère épandage :
Ligne Aurin : 35 L / 675 m² = 48.4 L / 675 m²

En 2019 les volumes apportés étant suffisant pour pouvoir observer les effets de la fertilisation sur la vigne, nous n'avons pas eu besoin d'effectuer un complément en engrais conventionnel.

Résumé des quantité épandues :

Apport 2019 par traitement (traitement = 675m ²)	
Urine (l)	856,00
Urine 1 (l)	856,00
Struvite (kg)	18,40
Aurin (l)	83,40
Eau claire (l)	NC



Solution	Forme des nutriments biosourcés		
	1. Urine stockée	2. Urine stabilisée concentrée	3. Extrait de nutriments (Struvite)
Nomenclature Engrais (N.P.K +Mg)	0,7.0,07.0,3 + 0.004	4,2.0,4.1,8	6.29.0 + 16
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de dépenses d'énergie • Durée minimale de stockage compatible avec les plans d'épandage • Azote présent sous forme ammoniacal • Présence optimale des nutriments (pour la plante) • Présence de matière organique (pour le sol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des volumes (x 10 à 15) • Statut d'engrais • Produit hygiénisé • Produit commercialisable • Ajustement possible des formes de l'azote (NO₃/NH₄) • Mise en œuvre possible en traitement décentralisé 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction maximale du volume • Mise en œuvre simple et rapide • pH optimale de la cristallisation = pH urine stockée • Temps de réaction rapide • Fonctionnement en batch possible • Extraction sélective des ions d'intérêt (97% du phosphore et 2% de l'azote)
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Volume important • Perte d'azote possible • Besoin d'hygiénisation • Ne possède pas l'appellation engrais (teneurs < 4%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation énergétique importante • Perte de la matière organique • Temps de réaction lent • Mise en route complexe • Nécessité d'alimenter les pilotes en continu 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajout de magnésium • Produit équimolaire en N, P, Mg • 99% d'efficacité sur le phosphore, 2-3 % sur l'azote et 0 % sur le potassium • Perte de la matière organique
Equipement* * Prévus pour 6 mois de stockage ** Evaporation x 12.5	<ul style="list-style-type: none"> • Cuve de stockage 229 L/EH 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioréacteur nitrifiant 6.8 L/EH • Evaporateur • Cuve de stockage 18.3 L/EH 	<ul style="list-style-type: none"> • Injection de magnésium • Cristalliseur 0.08 L/EH • Toile type big bag (Rétention et séchage des précipités. Volume :
Consommation énergétique	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune 	<ul style="list-style-type: none"> • 33.5 kWh/EH/an pour la stabilisation biologique • 49 kWh/EH/an pour la réduction de volume x12.5 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible si la déshydratation se fait naturellement (séchage du bigbag par égouttage)
Pistes d'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire le temps d'hygiénisation en contrôlant le pH par ajout de potasse. • Dosage Suisse : 10.5g Ca(OH)₂.L⁻¹Urine fraîche 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler le pH par ajout de potasse 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivre la méthode suédoise en stabilisant l'azote à la source.

4 RESULTATS

4.1 Analyse de la production

Les résultats 2018 se sont révélés inexploitable pour différentes raisons :

- Le plan de fertilisation était basé sur les apports 2017
- La quantité d'urine épandue était infime
- La mesure des baies s'est révélée chaotique et les résultats incohérents

La qualité du raisin produit a été estimée en mesurant le poids, le volume de baies, le poids des pellicules, le degré d'alcool potentiel et l'acidité totale.

Les résultats pour la première année ne sont pas significatifs. Pour la deuxième année, la production avec des engrais biosourcés montrent par rapport aux engrais chimiques (Parcelle Merlot Plantier) :

- Un rapport pellicules sur baies inférieur
- Un %VOL potentiel plus élevé
- Une acidité totale plus faible

Le volume des 100 baies est cependant inférieur à celui des engrais chimique. Le volume respecte l'apport d'engrais (Du plus faible au plus important) :

Eau Claire < Struvite < Urine ≈ Aurin

Plus le TAV potentiel (Le titre alcoométrique volumique ou %VOL potentiel) est élevé plus la vigne à synthétisée du sucre. **Les parcelles Urine et Urine 1 ont alors été bénéfiques (Apport de nutriments et de matière organique).**

Les résultats restent globalement assez proches mais on peut voir que la modalité URINE 1 a atteint le %vol le plus haut avec une quantité de sucres la plus importante, C'est donc la modalité ou la vigne a le plus synthétisé de sucres, tout en gardant un peu d'acidité, c'est pour cela que le rapport sucres / acide est le moins élevé.

Pour faire du vin c'est que l'on recherche, Autre info, le témoin a la quantité de sucre la plus faible par baie, Les autres modalités ont donc été plus aidé la plante à fonctionner

Hormis la valeur pour la parcelle Urine la production suit bien les apports en engrais biosourcés : Eau Claire < Struvite < Urine ≈ Aurin

La « faible » production de la parcelle Urine est corrélée avec les faibles valeurs de reliquats azotés, mais aussi, d'après le domaine de la Jasse, à une mauvaise taille d'une des trois lignes de vigne par Ecosec (04/01/2019).

Données domaine de la jasse 2019

Parcelle Domaine de la Jasse	Poids des 100 baies (150)	Moyenne	Poids des 100 (150) pellicules	Moyenne	rapport pellicules sur baies	quantité de sucres par baies	rapport sucres sur acides
Merlot Lac	178	162	56	59	31	0,223	55,0
Merlot Plantier	162		61		38	0,229	49,8
Merlot Chabaudy	147		61		41	0,229	43,8

Données projet Valurine 2019

Parcelles Expérimentales	Poids des 100 baies (150)	Comparaison	Poids des 100 (150) pellicules	Comparaison	rapport pellicules sur baies	quantité de sucres par baies	rapport sucres sur acides
Urine 1	182	112%	66	111%	36	0,210	56,2
Urine 2	172	106%	64	108%	37	0,210	61,9
Struvite	180	111%	60	101%	33	0,200	59,1
Eau Claire	185	114%	65	110%	35	0,181	60,2
Aurin	181	111%	58	98%	32	0,205	60,2

4.2 Abattelements pathogènes

L'étude d'IRSTEA UMR GEAU a pour objectif de déterminer l'effet du stockage d'urine dans une cuve opaque pendant 9 mois sur l'abattement des indicateurs pathogènes (en se basant sur les indicateurs suivis dans le cas de la législation française de réutilisation des eaux usées en agriculture).

Différents résultats peuvent être retenus à l'issue de ce projet dans le cas d'urines récupérées à partir d'un système Ecodoméo utilisé par Ecosec :

- Les méthodes d'analyse sur plaques (type Idexx) ne conviennent pas à ce type d'effluent ;
- Le protocole par filtration sur membrane et développement sur gélose dans un milieu sélectif est le plus adapté à l'évaluation des indicateurs pathogènes présents dans l'urine ;
- Comme fertilisant, l'azote se retrouve essentiellement sous forme ammoniacale dans l'effluent.

ABATTEMENT DES PATHOGENES PAR STOCKAGE

Suite aux tentatives de calage du protocole de mesure il apparait que l'indicateur de contamination fécale E-Coli ne soit pas le plus approprié pour suivre l'abattement pathogène dans l'urine. Une disparition rapide de ceux-ci est observée, d'autant plus rapide que le pH est élevé, mais cet indicateur n'est pas suffisant. En effet les entérocoques ou les Cryptosporidium sont retrouvés plusieurs semaines après le début de stockage.

L'étude n'a porté que sur une modalité de stockage, d'une cuve de 100L opaque bâchée placée à l'ombre. Les prélèvements ont été réalisés la première semaine de stockage et les analyses faites après filtration sur cellulose et étalement sur milieu sélectif dans le cadre d'un stage de M1. Cette méthode est semblable à la

La conductivité reste élevée pour la plupart des cultures, en cas d'épandage cela peut nécessiter de la dilution avec des eaux douces afin d'éviter une salinisation du sol lors d'un cumul sur plusieurs saisons, sauf bien sûr en situation de lessivage par les pluies hivernales ;

- La majorité des micro-organismes pathogènes étudiés ont connu une mort rapide. Une température plus élevée, un faible degré de dilution, un pH basique et en partie à la conversion rapide de l'urée en ammoniac ont eu un effet négatif sur la survie. E. coli et les entérocoques sont détruits rapidement et mais ces indicateurs ne conviennent pas pour indiquer une contamination fécale de l'urine collectée ;
- En revanche les suivis des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, montre que l'abattement est de moins de 2 log au bout de 9 mois de stockage sans rayonnement. Un traitement complémentaire est nécessaire pour la réduction de ce dernier indicateur.

méthode par filtration sur membrane utilisée par Eurofin. Il a ensuite été réalisé une analyse au bout de 2 mois après le début du stockage afin de vérifier les indicateurs de contaminations fécales.

A 2, 4, 6 et 9 mois une analyse de la présence de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrice a aussi été réalisée par un laboratoire extérieur. Il a été choisi de se concentrer sur les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par leur rôle d'indicateur de présence de microorganisme pathogène (tel que les Cryptosporidium notamment), mais aussi par leur rôle d'indicateur de l'efficacité de traitement du fait de leur résistance à la désinfection importante.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la mesure des indicateurs pathogènes à t=1 semaine et 2 mois de stockage de l'effluent :

Date	02/07/2019	28/08/2019	06/11/2019	12/02/2020
Age (j)	64	121	191	289
Age(mois)	2,1	4	6,3	9,5
Spore de bactéries anaérobies sulfito réductrices (NPP/100ml)	2,4E+05 / 3,3E+05	5,4E+04 / 3,3E+04	1,7E+03 / 7,0E+03	9,2E+04 / 9,4E+04

On remarque une diminution de moins de 2 Log des spores durant les 6 premiers mois de suivi, avec une présence de plus de 3 log au bout de 6 mois. Ces analyses ont été réalisées en duplicas avec deux dilutions différentes.

4.3 Analyse du sol

L'état initial du sol a été effectué le 28 Juin 2018. Différents prélèvements ont, ensuite, été effectués pour suivre au cours du temps l'évolution du sol et voir comment (i) les stocks de nutriments se comportent et (ii) si les éléments « indésirables » (Na⁺, Cl⁻) se concentrent.

Les analyses concernent la CEC et l'équilibre chimique, les analyses chimiques (pH eau, pH KCL, CaCO₃, CaO, Chlore aqueux, Conductivité, Résistivité), les éléments majeurs (P₂O₅, K₂O, MgO, Na₂O) les Oligo-éléments (Zn, Mn, Cu, Fe, B) la matière organique, le rapport C/N et le Bilan humique (MO, Carbone, Azote total N, C/N, K₂) et le Reliquat azoté (Humidité, Azote ammoniacal N-NH₄, Azote nitrique N-NO₃, l'azote total minéral et l'azote minéral total disponible. Les mesures ont été confiées à la société AUREA (cf annexe).

Les résultats obtenus avec les deux dilutions sont parfaitement cohérents. On a observé une remonté de la concentration en spore au bout de 9 mois et demi qui correspond également à une diminution du pH à 6,4.

L'analyse des éléments majeurs (P₂O₅, K₂O, MgO, Na₂O) et les Oligo-éléments permettent de suivre l'évolution des différents transferts de nutriments entre le sol et la plante. La mesure du pH sert à déterminer l'acidification des sols. et les analyses chimiques permettent de suivre les sels minéraux et donc la structuration du sol.

Les prélèvements de sols ont été effectués les 28 Juin 2018, 7 septembre 2018, ainsi que les 25 mai 2019 et 4 Septembre 2019.

Les analyses sur 2018 sont homogènes et similaires entre les mois de juin et Septembre et les cinq échantillons testés (Eau claire, Aurin, Urine, Urine 1 et struvite) :

Analyse chimique						
pH eau	pH KCL	CaCO ₃	CaO	Chlore aqueux	Conductivité	Résistivité
		Total %	mg/kg	mg/100g	mS/cm	ohm.cm
8,3	7,8	55,1	14499	3	0,1	7692
Faible	Très élevé	Elevé	Très élevé	Très faible	Très élevé	

Eléments majeurs				Oligo-éléments				
P ₂ O ₁	K ² O	MgO	Na ₂ O	Zn	Mn	Cu	Fe	B
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
62	188	185	22	4,5	9,8	21,1	< 10	0,19
Satisfaisant	Elevé	Elevé	Satisfaisant	Satisfaisant	Un peu faible	Excessif	Faible	Faible

Type de sol	CEC et Equilibre chimique					
Terre fine 3900T/ha	CEC	Ca/CEC	K/CEC	Mg/CEC	Na/CEC	Taux de saturation
	(meq/100g)	%	%	%	%	%
	13,9	372,8	3,4	8,1	0,8	> 100
	Faible	Très élevé	Elevé	Très élevé	Très faible	Très élevé

L'année 2018 correspond à un apport très faible en fertilisant (Tab. 7). Les analyses de sols témoignent donc de l'homogénéité de la parcelle d'étude.

Les données sont ensuite reportées en pourcentage par rapport aux valeurs initiales présentes dans l'échantillon de référence (Tab. 16, 17, 18 et 19)

Les tableaux 16 et 17 montrent qu'il n'y a pas de déséquilibre entre les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^{+}). Les engrais biosourcés, malgré leurs teneurs en sodium ne perturbent pas la structure du sol. La résistivité du sol reste inchangée

Concernant les nutriments et les oligoéléments, les résultats sont mitigés. Les valeurs du témoin Eau Claire

à la fin de la campagne sont étonnamment élevées

A l'opposé des nutriments, le suivi de la matière organique et des reliquats azotés sont en accord avec les sources d'engrais biosourcés. En effet, l'urine comme la Struvite apportent de la matière organique. Les valeurs sont alors supérieures à l'Aurin et au témoin eau claire.

De la même façon, on retrouve le même ordre de grandeurs sur l'azote minéral pour l'Urine 1 et l'Aurin (avec une valeur importante sur la parcelle Urine 2). Les valeurs pour la struvite sont plus faibles mais restent supérieur au témoin eau claire.

		CEC et EQUILIBRE CHIMIQUE				
		CEC	Ca/CEC	K/CEC	Mg/CEC	Na/CEC
Eau/Claire/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	-14%	15%	12%	1%	67%
	Analyse 4 Septembre 2019	2%	0%	24%	-3%	33%
Urine/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	-13%	19%	0%	1%	67%
	Analyse 25 Mai 2019	7%	-2%	-29%	-15%	67%
	Analyse 4 Septembre 2019	15%	-9%	-12%	-18%	100%
Urine 1/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	5%	-1%	0%	-7%	33%
	Analyse 4 Septembre 2019	23%	-11%	18%	-16%	50%
Aurin/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	-15%	15%	18%	-5%	100%
	Analyse 25 Mai 2019	-3%	10%	-18%	-8%	33%
	Analyse 4 Septembre 2019	-10%	14%	65%	-17%	67%
Struvite/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	-8%	13%	-3%	-13%	33%
	Analyse 25 Mai 2019	17%	-9%	-21%	2%	50%
	Analyse 4 Septembre 2019	-5%	4%	0%	-11%	50%

		Analyse chimique					
		pH _{eau}	pH KCl	CaCO ₃	CaO	Chlore _{aqueux}	Résistivité
Eau/Claire/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	1%	1%	6%	-1%	-19%	8%
	Analyse 4 Septembre 2019	1%	1%	7%	2%		0%
Urine/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	2%	3%	9%	3%	-8%	8%
	Analyse 25 Mai 2019	5%	4%	-1%	4%		17%
	Analyse 4 Septembre 2019	5%	4%	-10%	5%	-27%	-7%
Urine 1/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	0%	0%	-5%	4%	-19%	8%
	Analyse 4 Septembre 2019	-1%	-1%	-3%	8%	19%	-33%
Aurin/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	1%	1%	13%	-3%	0%	-7%
	Analyse 25 Mai 2019	4%	4%	-6%	6%		17%
	Analyse 4 Septembre 2019	2%	1%	-6%	3%		-7%
Struvite/Témoin	Analyse 7 Septembre 2018	1%	1%	7%	4%	-8%	0%
	Analyse 25 Mai 2019	4%	3%	-11%	7%	-46%	8%
	Analyse 4 Septembre 2019	4%	4%	-1%	-2%		8%

		Eléments majeurs				Oligo-éléments			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	Zn	Mn	Cu	B
Eau Claire/Témoin	7/09/2018	0%	-4%	-13%	50%	-26%	-35%	-26%	14%
	4/09/2019	36%	25%	-2%	44%	-21%	-16%	-30%	0%
Urine/Témoin	7/09/2018	-23%	-13%	-12%	50%	-54%	-49%	-54%	10%
	25/05/2019	-33%	-25%	-10%	72%	-63%	-48%	-55%	-29%
	4/09/2019	-11%	1%	-6%	133%	-58%	-46%	-39%	0%
Urine 1/Témoin	7/09/2018	51%	3%	-2%	33%	-26%	-47%	-34%	5%
	4/09/2019	-20%	43%	3%	89%	-48%	-25%	-33%	-24%
Aurin/Témoin	7/09/2018	-11%	-1%	-15%	72%	-25%	-21%	-14%	5%
	25/05/2019	-11%	-21%	-10%	33%	-60%	-44%	-48%	-10%
	4/09/2019	-11%	48%	-26%	50%	-38%	7%	13%	52%
Struvite/Témoin	7/09/2018	2%	-12%	-20%	22%	-44%	-33%	-35%	-10%
	25/05/2019	-5%	-7%	20%	78%	-29%	-53%	-46%	-14%
	4/09/2019	-41%	-8%	-17%	44%	-54%	-31%	-40%	-24%

		Matière organique, C/N et Bilan humique					Reliquat azoté			Total Azote minéral dispo.
		MO	C	N _T	C/N	K2	Humi	N-NH ₄	N-NO ₃	
Eau Claire/Témoin	7/09/2018	-20%	-21%	-20%	0%	0%	0%	-29%	14%	9%
	4/09/2019	4%	6%	7%	0%	0%	-17%	-7%	-18%	-17%
Urine/Témoin	7/09/2018	-16%	-17%	-13%	0%	14%	50%	-50%	50%	39%
	25/05/2019	-36%	-36%	-40%	7%	0%	67%	-39%	-13%	-17%
	4/09/2019	-20%	-19%	-20%	6%	-14%	50%	-43%	139%	117%
Urine 1/Témoin	7/09/2018	4%	3%	7%	1%	0%	50%	-32%	38%	30%
	4/09/2019	-4%	-5%	-7%	4%	-14%	-17%	100%	354%	322%
Aurin/Témoin	7/09/2018	-28%	-26%	-13%	-13%	0%	33%	-29%	62%	52%
	25/05/2019	-24%	-24%	-27%	9%	0%	167%	-36%	-41%	-39%
	4/09/2019	-24%	-22%	-13%	-7%	0%	-50%	250%	165%	174%
Struvite/Témoin	7/09/2018	-12%	-13%	0%	-10%	0%	17%	-57%	58%	43%
	25/05/2019	-20%	-21%	-33%	18%	-14%	83%	-36%	-9%	-13%
	4/09/2019	36%	38%	-13%	67%	0%	17%	-43%	76%	61%

4.4 Analyse des feuilles

L'analyse des feuilles n'a été faite que pour la campagne 2019 où l'ajout d'engrais biosourcés était conséquent.

Les feuilles ont été prélevées de manière aléatoire dans les 3 rangées en cueillant la feuille à la base de la tige, avec une seule feuille par pied de vigne.

Les prélèvements de feuille «jeune» et «vieille» ont été équilibrés (10 feuilles environs par échantillon : 100 grammes de feuilles).

Les analyses ont été confiées à Auréa. Les analyses de feuilles montrent des teneurs en azotes plus importantes pour les engrais biosourcés.

Le magnésium est aussi plus important pour la Struvite (Engrais le plus riche en Magnésium : 5.25.0. +17)

	Parcelles				
	Eau claire	Struvite	Urine	Urine 1	Aurin
Macroéléments : mg/gMS					
Calcium	33	32,29	34,58	34,53	32,47
Potassium	7,08	4,93	4,84	5,1	6,04
Phosphore	1,43	1,34	1,34	1,04	1,14
Azote	17,57	20,74	20,17	20,95	21,09
Magnésium	3,43	4,23	4,12	3,92	3,57
Oligo-éléments : mg/kg MS					
Fer	84	72	77	92	91
Manganèse	462	316	325	478	316
Zinc	19	19	18	17	17
Cuivre	419	306	313	471	297
Bore	43	35	36	34	31
N / P	12,29	15,48	15,05	20,14	18,50
N / K	2,48	4,21	4,17	4,11	3,49
N / Ca	0,53	0,64	0,58	0,61	0,65
Ca / P	23,08	24,10	25,81	33,20	28,48
K / P	4,95	3,68	3,61	4,90	5,30
K / Mg	2,06	1,17	1,17	1,30	1,69
K / Ca	0,21	0,15	0,14	0,15	0,19
Ca / Mg	9,62	7,63	8,39	8,81	9,10
Sodium (g/kg MS)	0,15	0,15	0,18	0,16	0,21
Matière sèche (%)	52,7	60,32	47,59	50	58,29

Tableau 20 : Suivi des nutriments dans les feuilles de vigne

Date : 06/09/2018

N°	Parcelle	Poids des 100 baies	Poids des 100 pellicules	rapport pellicules sur baies	% VOL potentiel	Ac tot	Nombre de baies	volume des 100 baies	Sucres par baies	rapport sucres sur acides
1	Eau Claire	185	57		15,5	4,4	200	85	0,222	59,3
2	Urine	145			15,1	4,4	150	85	0,216	57,8
3	Urine 1	193	62		15,5	4,3	200	90	0,235	60,7
4	Aurin	126			15,5	4,5	150	75	0,196	58,0
5	Struvite	121			15,5	4,4	150	75	0,196	59,3

Date : 04/09/2019

N°	Parcelle	Poids des 100 baies	Poids des 100 pellicules	rapport pellicules sur baies	% VOL potentiel	Ac tot	nombre de baies	volume des 100 baies	Sucres par baies	rapport sucres sur acides
0	Merlot Plantier	162	61	38	13,6	4,6	150	100	0,229	49,8
1	Eau Claire	185	65	35	14,3	4	200	75	0,181	60,2
2	Urine	172	64	37	14,7	4	200	85	0,210	61,9
3	Urine 1	182	66	36	14,7	4,4	200	85	0,210	56,2
4	Aurin	181	58	32	14	4	200	85	0,205	60,2
5	Struvite	180	60	33	14,4	4,1	200	82,5	0,200	59,1

Date : 11/09/2019 : 10h à 13h	Poids comporte N°1 (kg)	Poids comporte N°2 (kg)	Poids à vide	Poids total Raisins (kg)	Rendement à l'hectare
Eau claire	171,5	98,45	17,15	252,8	3745,19
Urine	137,6	131,8		252,25	3737,04
Urine 1	157,2	170,2		310,25	4596,30
Aurin	166,7	170,65		320,2	4743,70
Struvite	156,1	147,9		286,85	4249,63



4.5 Analyse des jus

Les analyses gustatives ont été effectuées par le domaine de la jasse (d.michel@blb-vignobles.com) sur les solutions de pellicules. Ses conclusions sont reprises dans le tableau

Les analyses physico-chimiques par analyses LCMS

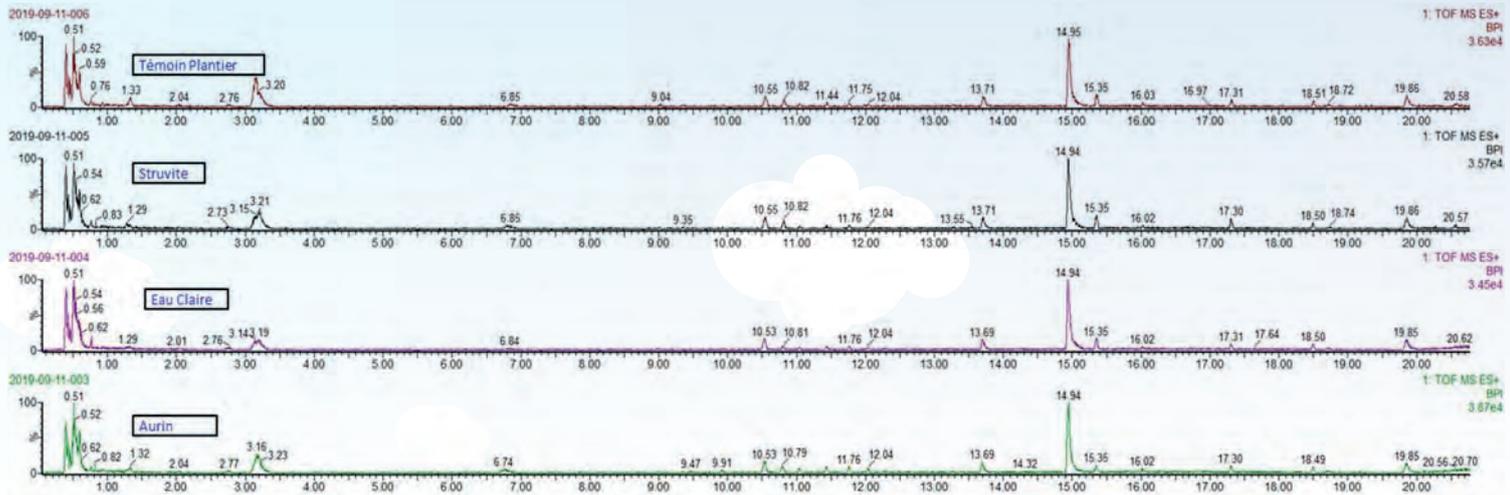
(Chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse : en anglais Liquid Chromatography-Mass Spectrometry) ont été effectuées à l'IEM.

La LCMS permet d'identifier et/ou de quantifier précisément de nombreuses substances. L'idée était de comparer l'empreinte générale du jus (forêt de pics) avant de poursuivre d'éventuelles investigations.

Echantillon	Observations
Eau claire	Equilibré mais creux (- de tanins)
Urine	Equilibré
Urine 1	Le meilleur en concentration tanique, fruit acide fraise cerise, un peu de végétal
Aurin	Creux végétal
Struvite	+ végétal – mur

Pour les analyses 2019, le témoin engrais chimique (Témoin Plantier) a été ajouté. Encore une fois, les analyses spectrales sont identiques entre les différents échantillons. Les empreintes 2018 et 2019 sont

différentes car les échantillons de 2018 ont été stockés une semaine, ce qui a suffi pour que la fermentation démarre. avant de poursuivre d'éventuelles investigations.



Intérêt des engrais biosourcés : NPK

Les engrais biosourcés présentent des équivalents engrais qui leur sont propres : l'urine, l'urine concentrée et la Struvite.

L'urine est l'engrais biosourcé le plus intéressant car il contient de la matière organique et peut donc, dans une proportion raisonnable, concurrencer les engrais organiques type Orga3.

La Struvite semble moins intéressante par sa faible teneur en azote.

Elle permet cependant, en combinaison avec l'urine de relever le niveau de Phosphore et de magnésium qui reste faible dans l'équivalent engrais des urines.

Choix de la forme des intrants :

L'urine peut être utilisée telle quelle, sous forme concentrée ou sous forme de poudre. C'est avant tout une question économique de transformation, de stockage et de transport.

La solution la plus simple serait de l'utiliser telle quelle mais cela implique de suivre un protocole sanitaire rigoureux. Dans le cadre du projet les mesures rapides de détection des risques sanitaires (Méthode IDEEX) ne semblent pas appropriées.

Des pistes simples ont été proposées afin d'aboutir à un produit normalisé car la stabilisation biologique (Méthode Suisse ou Montpelliéraine) est très complexe à mettre en oeuvre. En l'absence d'une stabilisation de l'urée (blocage de l'hydrolyse, méthode Suédoise), un contrôle du pH par de l'ajout de potasse permet de garantir l'hygiénisation du produit par l'ammoniac.

Un ajout ensuite d'acide phosphorique éloigne les pertes d'azote et donc d'odeur et autorise (Si cela est nécessaire) la concentration du produit par évaporation.

4.6 Résultats enquête sociologique

4.6.1 Effet psychologique sur le gout perçu du vin

La plupart des gens ont perçu une différence entre les deux bouteilles de vin dégustés, alors que c'était le même vin.

Étonnamment, la majorité des gens ont préféré la bouteille 2, fertilisé avec les urines humaines (18 sur 31 personnes, souvent pensant que le vin était plus fort (« un vin d'hommes ! » a-t-on même entendu parfois).

Très peu de personnes ont considéré qu'il n'y avait pas de différence entre les deux vin proposés (5 sur 31).

Certains nous ont annoncé qu'ils n'auraient pas acheté la bouteille 2 si « fertilisé aux urines humaines » était mentionnées sur l'étiquette, mais sans la mention des urines ils l'aimaient bien, et qu'ils l'achèteraient. Paradoxe des enquêtes parfois.

L'effet de groupe : Il nous a semblé que les gens voulaient paraître aventureux et prêt à essayer de nouvelles choses, mais voulaient signifier qu'au moment de l'achat la réaction pourrait être différente.

Un résultat anecdotique était que quand on l'a essayé entre amis, alors que personne ne regardait les votes des autres car en train de parler, le vote était différent et la plupart des gens ont voté pour la bouteille 1 (engrais conventionnel).



# dégustation	# votes de préférence gustative		
	Bouteille 1 : engrais conventionnel	Bouteille 2 : engrais traitement (urines humaines)	Egalité (pas de préférence)
1	2	4	2
2	3	7	2
3	3	7	1

# Dégustation	# de la personne	Bouteille 1, engrais : classique	Bouteille 2, engrais : urines
1	1	Le classique (#1) est plus léger. J'ai goûté plus des fruits noirs	
1	2	Arome trop marqué – boisé	Plus de fraîcheur – fruit + pur
1	3		Nez plus expressif. Plus de fraîcheur. Plus de finesse.
1	4	Je ne sens pas de différence. Il y a (peut-être) un aspect plus tannique dans le #2, mais ce n'est pas catégorique.	
1	5		Je trouve #2 moins bien assemblé. Le sens moins bien.
1	6	Plus tannin	Plus fruité, plus long en
1	7	Les mêmes arômes, la même texture. Continuez...	
1	8	J'ai une petite préférence pour le #2, mais ils sont très similaires. Je me demande s'ils ne sont pas le même vin ? ¹	
2	9	Vin léger Vin fleuri Bulle d'alcool en bouche	Vin plus boisé Vin léger Vin fleuri
2	10	Plus léger Un peu d'acidité Vin pour les filles car moins fort	Plus forte en gout Plus âpre sur la langue On ne sent pas l'urine
2	11	Plus doux, souple	Plus structuré – sent plus de bois. Après l'ouverture c'est mieux. Différence notable, mais je peux prendre les deux
2	12	Correct, c'est un vin qui a du corps en bouche	Beaucoup plus fort au neuf, On sent une certaine richesse aromatique Gentille en bouche
2	13	Je n'ai pas aimé le 1ere vin. Je n'achèterais pas.	Le 2eme est pas mal.
2	14	Je trouve que le 1 est plus léger, et le 2 plus forte – j'aime les deux. Je pense que je préfère le 2.	
2	15		Plus fort en gout. Par contre, le fait d'inscrire « urine » n'est pas vendeur
2	16	Il a besoin de respire un peu plus – au début il était un peu amer ¹	Pas beaucoup de nez Pas beaucoup de structure – mince Préféré celui-ci au classique
3	17	Corsé en bouche	Plus de nez
3	18	Deux vins différents, aussi bon l'un que l'autre	
3	19	Je préfère le N° 1 – un gout plus agréable	
3	20		Le 2 – engrais avec les urines humaines est intéressant – à améliorer
3	21	Tonique	Moins long en bouche, moins âpre
3	22		Innovation, qualité, bravo !
3	23		Moins tannique et plus aromatique !
3	24		Engrais urines car plus fruités et doux
3	25		Plus odeur, plus fruitée, et moins âpre
3	26		Moins marqué et plus naturel

4.6.2 Acceptabilité du vin

L'acceptabilité du vin s'est révélée très variable selon le public.

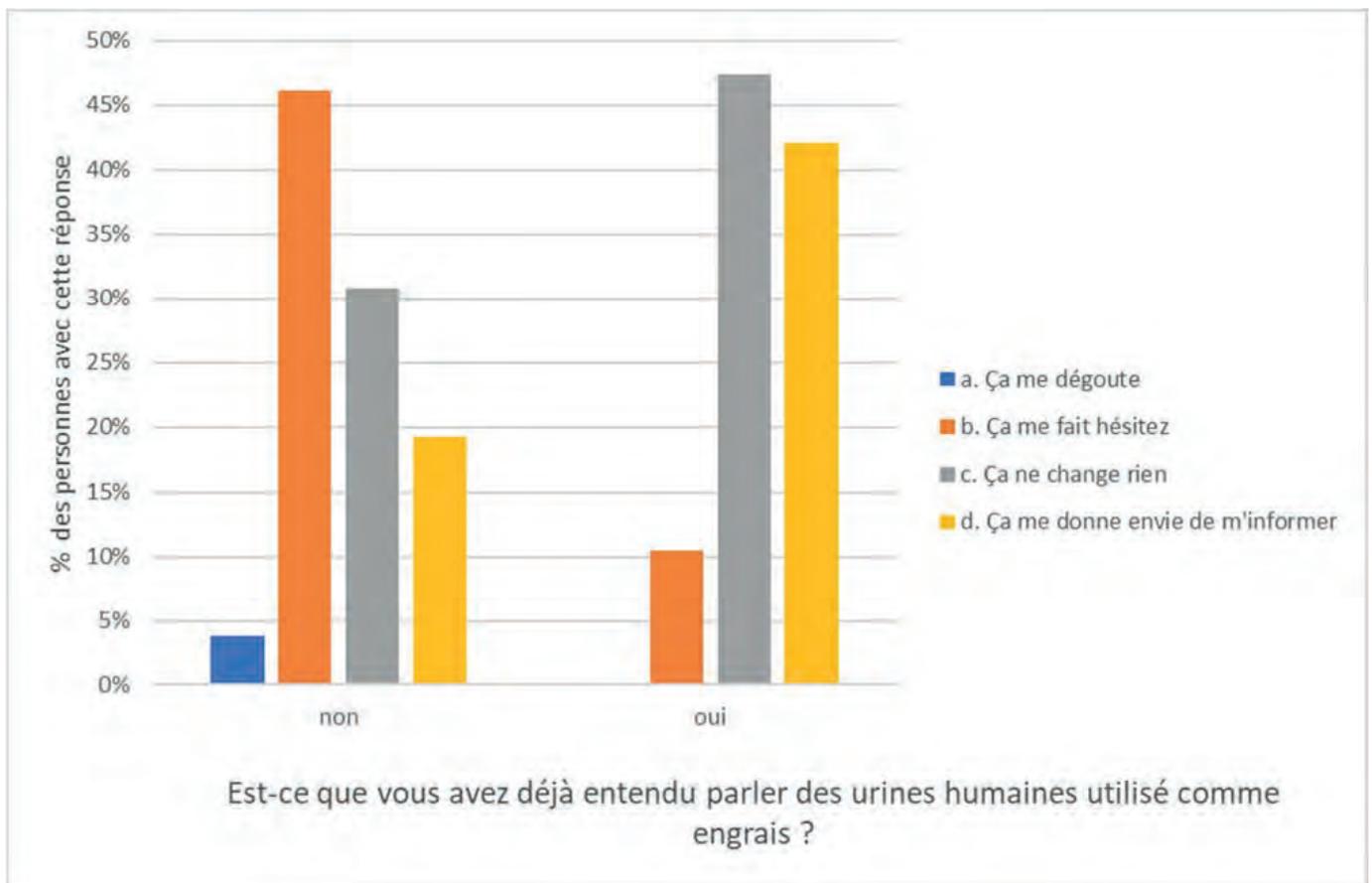
Dans les dégustations, entre un public soucieux de l'environnement comme chez la cave du Boutonnet et parmi beaucoup des gens chez la rencontre Occ'lab, fertiliser des vignes avec les urines humaines est plutôt bien accepté. Soit cette approche était considérée comme sans particularité (même comparé à la fertilisation aux urines des animaux), soit applaudie comme une innovation durable. Pour sa part, le caviste de Boutonnet a remarqué qu'au sein de ses clients, ça ne les dérangeait pas du tout.

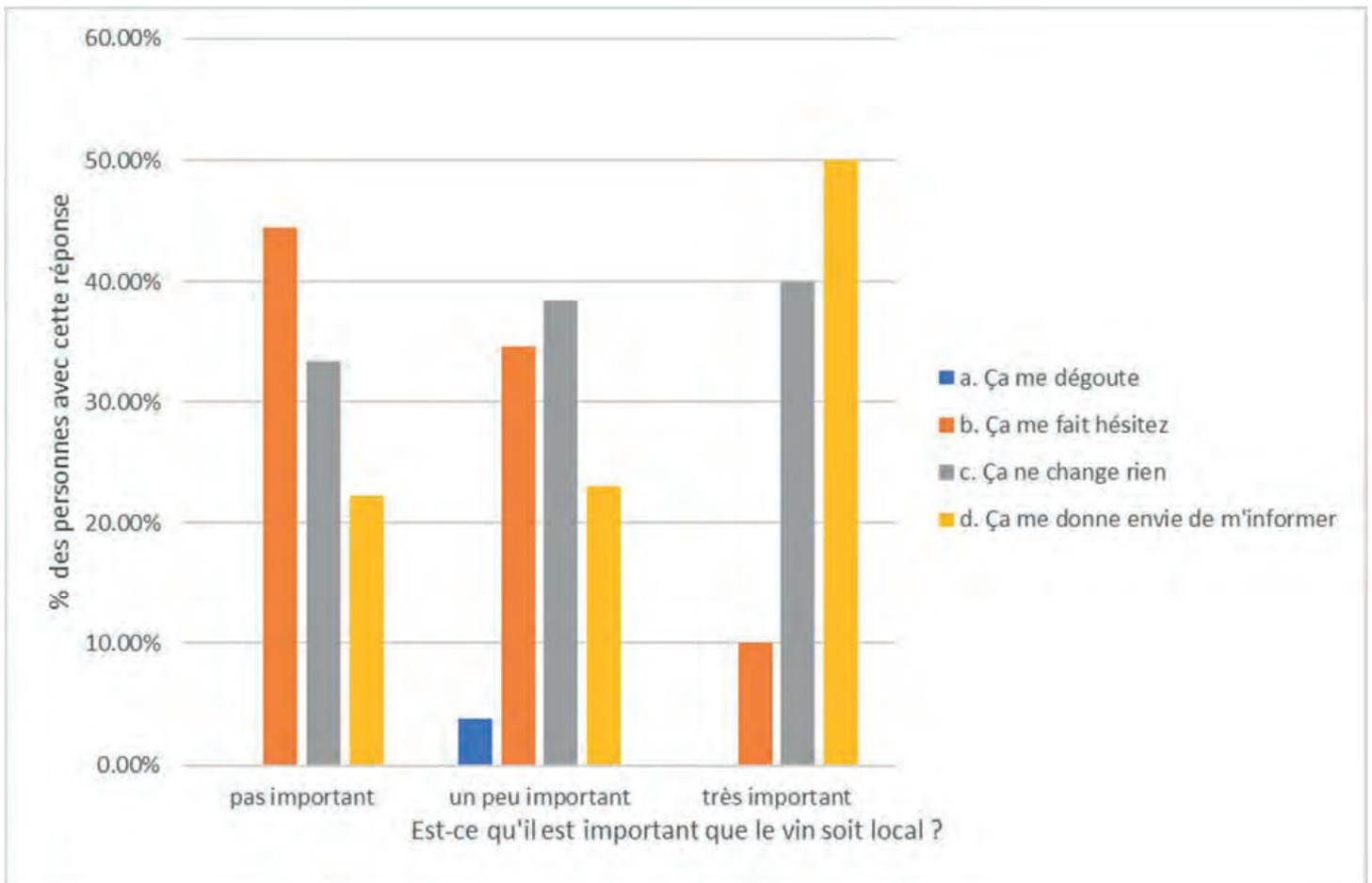
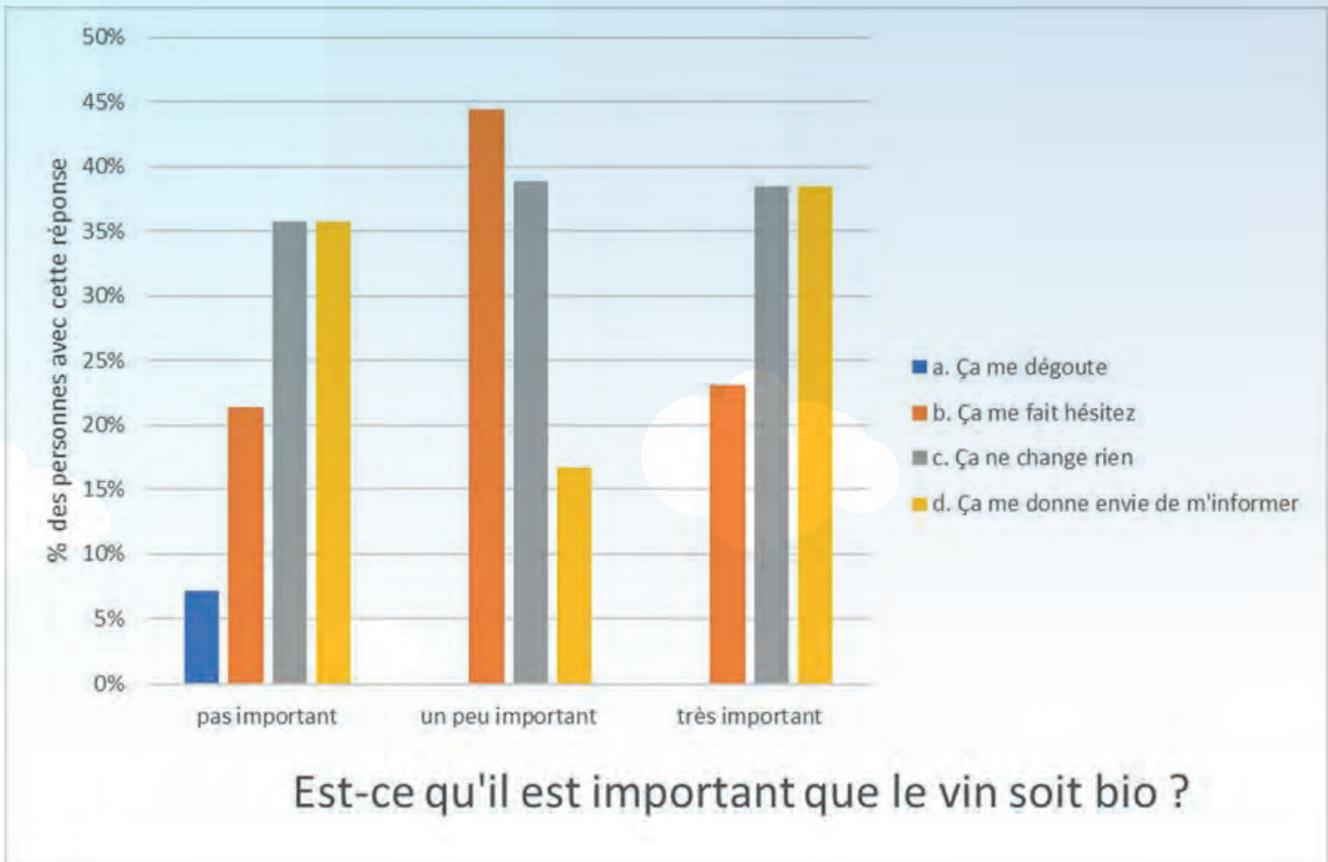
A l'inverse, le deuxième caviste (d'une cave plus conventionnel) n'était pas intéressé sur l'idée et était convaincu que cela rebuterait ses clients.

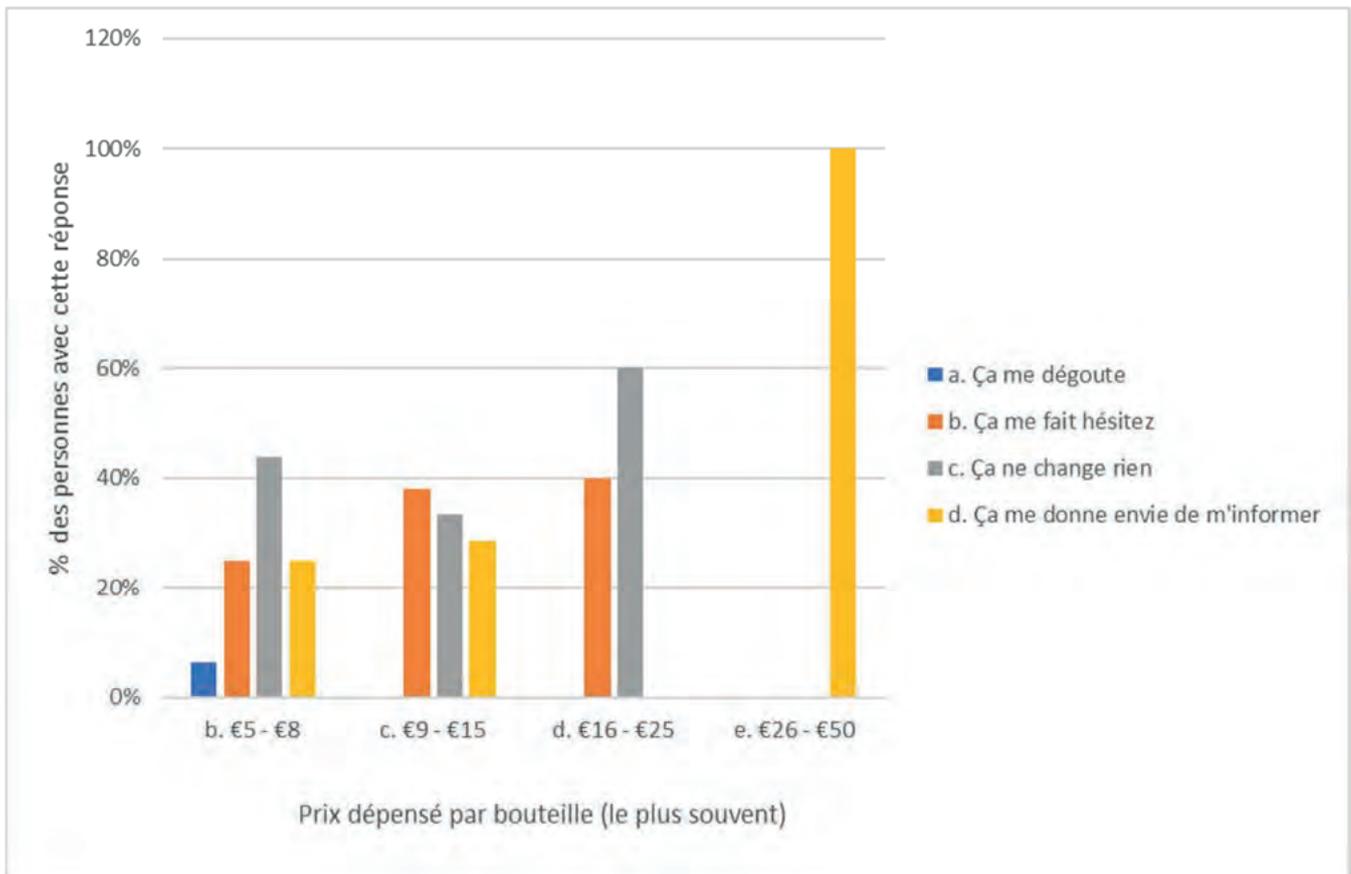
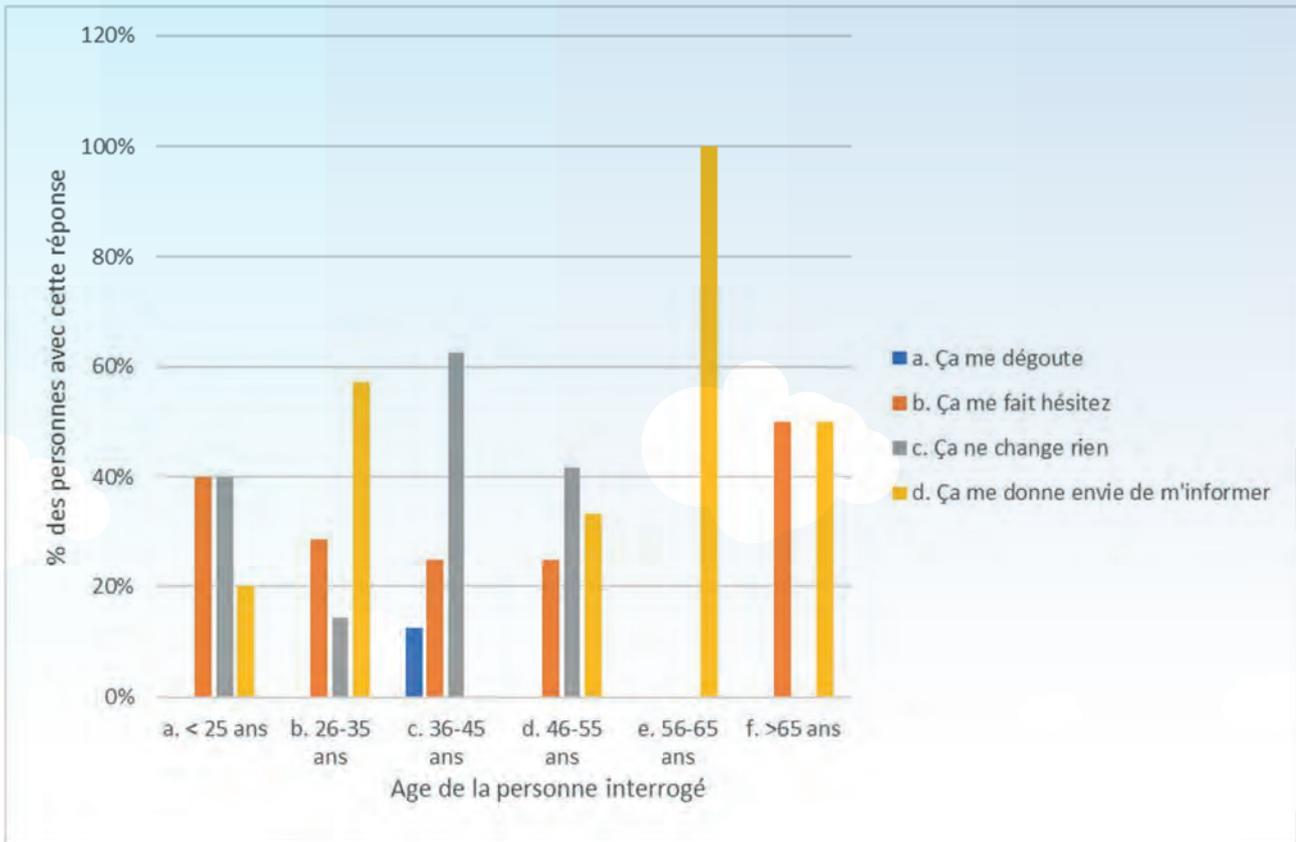
Idem, dans les dégustations, il y avait aussi des gens qui hésitaient sur l'idée, et qui disaient que s'ils avaient vu ça dans une bouteille de vin, sans avoir les explications pour les rassurer, ils n'auraient jamais acheté la bouteille par choix.

L'acceptabilité était plus élevée parmi les gens qui mettaient les vin locaux en priorité,

Peu de corrélation en revanche avec l'âge des enquêtés, ni sur le budget consacré au vin.







4.6.3 Marketing et sensibilisation

Les résultats des dégustations et des questionnaires montrent que si une personne n'a jamais entendu parler des urines humaines utilisées comme engrais, il n'y a aucune chance qu'elle achète un jour ce vin.

Pour certaines personnes, inclus les professionnels (les deux cavistes) la solution était évidente :

- il ne faut pas mentionner les engrais sur la bouteille, car il n'y a aucune nécessité dans la loi, ni dans les habitudes
- il y en a presque aucun vigneron qui signale les ingrédients de ses engrais sur la bouteille.
- Selon le public enquêté, la conclusion était qu'il faudrait faire une campagne de marketing et de sensibilisation pour que public soit informé sur les bénéfices et l'absence de risques sanitaires, pour ils l'acceptent plus volontier.

TRANSPARENCE

Dans les dégustations, les groupe préconisant d'informer ou non le public sur l'origine de l'engrais se sont révélés similaires.

Les mêmes résultats sont visibles sur les questionnaires, avec 36% des personnes interrogés pensant qu'il faudrait le mentionner, 42% qui pensent que non, et 22% pour qui cela dépend. Parmi les gens qui pensaient qu'il serait préférable de le mentionner et qui ont expliqué pourquoi, les raisons étaient :

- Pour la transparence et l'honnêteté, ex. « Il faut informer les consommateurs car s'ils l'apprennent après, ils peuvent mal le prendre »
- Pour la sensibilisation, pour informer les gens, ex. « ..., pour habituer le consommateur a cette nouveauté »
- Vendre l'idée – de différencier ce vin aux autres « Il faut oser ! Et jouer là-dessus même »
- Parmi les gens qui pensaient le contraire, les raisons étaient toutes les mêmes : mentionner les urines risquent de dégouter le public ou les dissuader de l'acheter.

Est-ce que c'est mieux de mentionner les urines ? Pourquoi ?
<i>Oui, il faut mieux le mentionner</i>
Il faut être très honnête là-dessus
Soyons claires et osons
C'est mieux de mentionner les urines pour habituer le consommateur a cette nouveauté
Si ont leurs explique comment il est fait, etc, ils vont savoir que l'urine humaine est stérile
Il faut oser ! Et jouer là-dessus même
Il faut indiquer cette motion
Jouer sur ça
Ça peut être un plus
Informe l'énumération est essentielle
Il faut informer les consommateurs car s'ils l'apprennent après, ils peuvent mal le prendre
Nécessité de transparence
<i>Non, c'est mieux de ne pas le mentionner</i>
Peur du client
Cela peut déstabiliser et dégoûter
Mais, à la fin, la tournure de langage, la poésie est très importante dans le commerce du vin
Pour certains ; mentionner les urines ne va pas le vendre
Surtout pas
Ça dégoût
J'imagine qu'il y ait des gens qui auraient un problème pour l'accepter, quoi qu'on dise
Connotation négative - préfère naturel
Les gens risquent d'être dégoûtés
Sans sensibilisation, il y aurait certaines qui ne l'accepterait pas
Les gens ne l'achèteraient pas
<i>Autre réponses</i>
Cela n'est forcément au gout de tous, cependant, c'est honnête
Je pense que d'un côté c'est une bonne façon d'informer les gens mais il y aura les gens qui ne va pas acheter s'ils savent. A faire deux différentes bouteilles !
Vaste question ! Si mentionner : il faut la présence du créateur pour bien expliquer
Avant je pensais que oui, maintenant j'hésite
Dépend du marché vise
Si on veut différencier ce vin des autres, il faut le mentionner. Si on ne veut pas prendre des risques - non

SENSIBILISATION

Les informations suivantes étaient données sur le questionnaire, et pendant les dégustations :

- Ça fait depuis longtemps que les urines animales sont utilisées comme engrais ;
- Les urines contiennent tous les nutriments essentiels à la croissance des plantes, inclus des phosphates assimilables, dont les quantités sur la terre sont limités, et l'azote qui est cher à transformer ;
- Les urines humaines sont stériles.

Pour 70% des gens interrogés, ces informations suffisaient pour les rassurer.

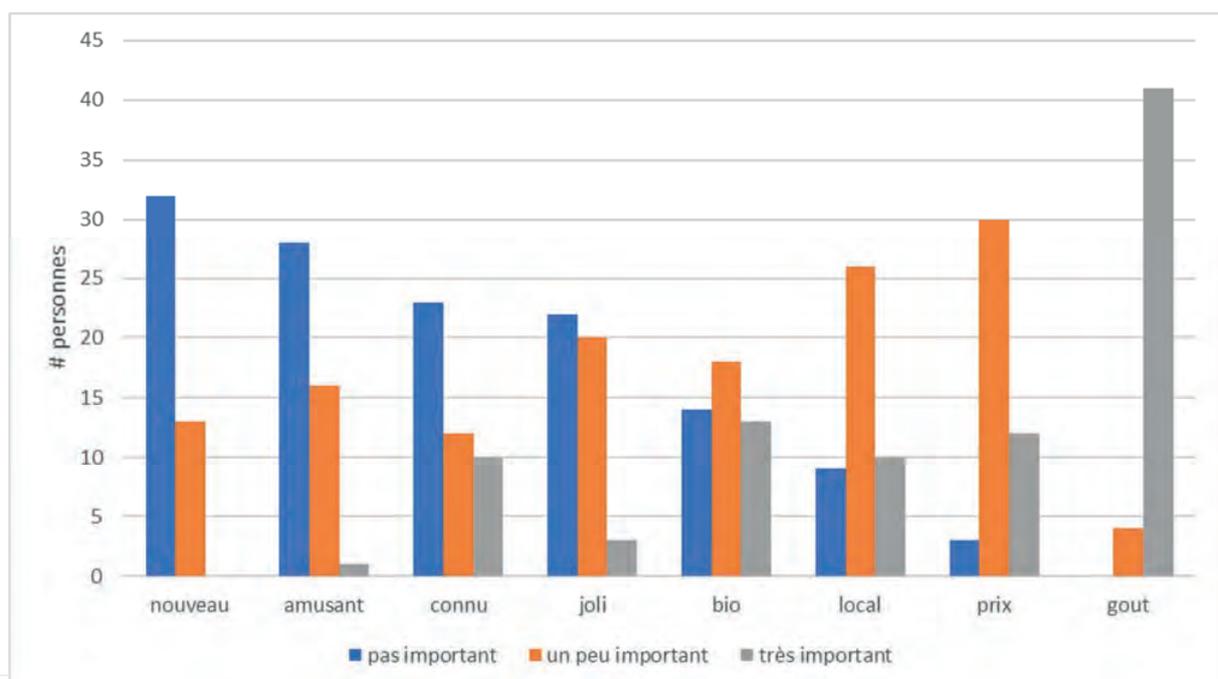
Parmi ceux qui n'étaient pas satisfait, ils voulaient des informations supplémentaires sur les risques sani-

taires (la présence des hormones, médicaments, microbes) dans les urines, et les information pratiques sur comment les urines étaient obtenues et comment ils étaient mis sur les vignes.

Si les urines sont mentionnées sur la bouteille, il semble nécessaire d'avoir un minimum d'informations sur les éléments sanitaire et pratique, comme détaillé ci-dessus. Dans un premier temps, les informations pouvaient être sur l'étiquette et/ou vend le vin dans un lieu où il y a quelqu'un disponible pour l'expliquer (chez une caviste, chez le vigneron).

Il serait intéressant de calculer combien de kg de CO₂ sont « économisés » par bouteille, Idem en litre l'eau économisé, ou les réductions en polluants émit dans les rivières ou l'atmosphère, etc ...

Informations supplémentaires demandé	# personnes
<i>Sanitaires</i>	
Information sanitaire /santé général	3
Hormones et/ou médicaments	4
Substances toxiques	1
Risque des microbes dans les urines	1
<i>Pratiques</i>	
Comment étaient les urines collectées ?	4
Quelle était le processus par lequel les urines étaient mis sur les vignes ?	2
<i>Informations sur les avantages</i>	
Information qui donne envie	1



ETIQUETTES ET MARKETING

En principe, les gens sont plus concernés sur la qualité du vin, son aspect local, bio, et son prix, que s'il est nouveau, amusant, connu ou esthétique.

Pourtant, l'étiquette est l'un des principaux moyens de distinguer les vins inconnus. Dans le passé, certaines

marques ont commercialisé leur vin avec succès en utilisant les blagues (notamment « Vin de Merde »).

Néanmoins, dans les réponses du questionnaire la plupart des gens interrogés n'étaient pas très concernés sur le fait d'avoir une étiquette amusante, et en général ils ont préféré l'étiquette C, suivi par le B, puis le A et le D

4.6.4 Conclusions

Il y a un vrai effet psychologique sur le gout perçu du vin quand on sait que les urines étaient utilisées comme engrais

Le vin issu des vignes fertilisées par les urines est accepté plus facilement par un public déjà sensibilisé sur la possibilité d'utilisation des urines humaines comme engrais, et par les gens soucieux de l'environnement et des bénéfices d'acheter localement.

Autant de gens ont trouvé que notifier les urines sur l'étiquette était un facteur de dissuasion d'acheter le vin. L'autre moitié trouvait qu'il y a un manque de transparence si ce n'est pas mentionné.

S'il était décidé de mentionner les urines, il serait mieux de mettre sur l'étiquette au dos du bouteille, avec les informations suivantes :

- Les avantages d'utiliser les urines humaines comme engrais (arguments de durabilité, grammes/litres de CO₂, énergie et eau économisés, les problèmes des réserves de phosphates et transformer les azotes, etc.
- Les informations sanitaires : que les urines sont stériles ou hygiénisées, les tests effectués pour voir le risque d'avoir les médicaments/hormones/substances toxiques dans le vin, etc.
- Les informations pratiques : comment les urines étaient collectées, leur provenance, séparation à source, comment les urines étaient appliquées dans les vignes, etc.

Le marché du vin est saturé donc ce produit innovant, durable et écologique pourrait clairement être un atout commercial.

Un marketing avec de l'humour aussi bien qu'un message écologique pourrait bien fonctionner.



5. CONCLUSION

Le projet Valurine a réussi à prouver que l'urine humaine pouvait tout à fait être valorisée dans des vignes de manière économique, simple et hygiéniques en tant qu'engrais organique. Toutefois, malgré les grandes ambitions affichées au départ une série d'aléas n'ont pas permis de pousser la réflexion aussi loin que l'équipe projet l'aurait souhaité :

- Météo compliqué 2017 - 2018 qui a engendré une très faible fertilisation en 2018
- Effondrement du laboratoire de l'IRSTEA due à de fortes chutes de neige à l'hiver 2017
- Méthode IDEXX qui s'est révélée peu adaptée aux besoins projet
- Complexité de mener des essais sur la distillation solaire dans le laboratoire de l'IEM

Le résultat le plus intéressant reste le fait que la production de raisin n'a pas révélé de différences significatives entre une fertilisation aux engrais organiques « conventionnels » et l'urine. L'absence de différence de production significative est en soit un résultat encourageant.

La couverture médiatique de ce projet et l'intérêt du monde viticole est un autre aspect encourageant de cette approche. Nous avons été beaucoup sollicités, ce qui montre clairement que le public, par le biais des médias, montre un fort intérêt sur les approches innovantes et écologiques dans l'agriculture.

Les analyses sur le sol et les plantes mériteraient d'être réalisées sur du plus long terme, la période de projet de 2 ans seulement n'étant pas particulièrement adaptée à ce type d'analyse pour obtenir des résultats significatifs.

La méthode d'analyse rapide des pathogènes dans l'urine IDEXX s'est révélée non pertinente si cette approche devait voir le jour à l'échelle. Si le stockage de l'urine s'est révélé efficace pour hygiéniser les urines collectées de différentes sources. Un travail complémentaire sera donc à réaliser si nous souhaitons passer à l'échelle sur cette forme d'économie circulaire des nutriments sur le territoire.

Une autre conclusion est que la valorisation des urines sur des parcelles viticoles n'est intéressante économiquement à ce jour que si un système d'irrigation au goutte à goutte est en place et si les urines sont disponibles à proximité du lieu d'épandage.

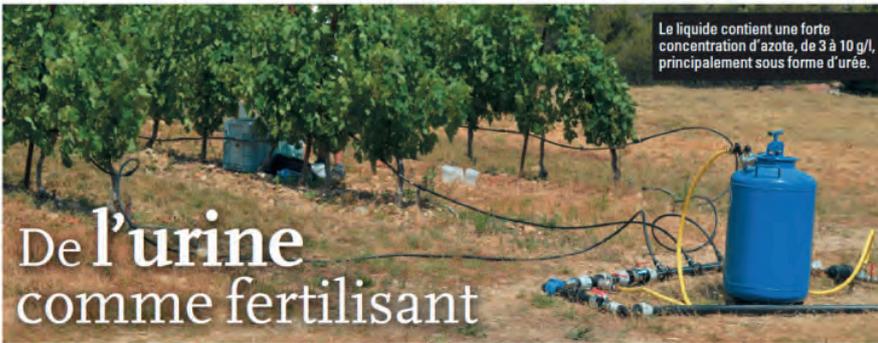
L'enquête sociologique a révélé un intérêt et une acceptabilité du public pour ce type de fertilisant, à condition qu'une sensibilisation préalable soit réalisée auprès du public.

De nouvelles recherches réalisées sur le long terme à plus grande échelle (urine plus concentrée, plus grande surface, autre type de plante...) permettront de confirmer ces résultats et de notamment mieux appréhender les transferts au sein des végétaux et du sol.

6. ARTICLES DE PRESSE



LaFranceAgricole DANS LES TUYAUX



7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Høglund, C., Stenstrom, T. A., Jonsson, H. and Sundin, A., 1998. Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating-sewage systems, *Wat. Sci. Tech.* Vol. 38. No.6. pp. 17-25. 1998.
- Levy, G.J., Fine, P., Bar-tal, A., 2011. Treated Wastewater in Agriculture and Crops, Edited by
- Nakayama, F.S., Bucks, D.A., 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. *Irrig. Sci.* 12, 187-192. <https://doi.org/10.1007/BF00190522>.
- OMS (2004). Utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères - Volume 4: Utilisation des excreta et des eaux ménagères en agriculture
- Bazard, Olivier. 2011. "LES MEDICAMENTS DANS LES EAUX : PRESENCE ET IMPACT ECOTOXICOLOGIQUE. EXEMPLE DE TROIS MOLECULES : IBUPROFENE, CARBAMAZEPINE ET ETHINYL-ESTRADIOL."
- Bouatra, Souhaila, Farid Aziat, Rupasri Mandal, An Chi Guo, Michael R. Wilson, Craig Knox, Trent
- C. Bjorndahl, et al. 2013. "The Human Urine Metabolome." *PLoS ONE* 8 (9). doi:10.1371/journal.pone.0073076.
- Cordell, Dana. 2010. The Story of Phosphorus Sustainability Implications of Global Phosphorus Scarcity for Food Security.
- Dufumier, Marc, and Philippe Hugon. 2008. "Piques et Polémiques Les 'émeutes de La Faim': Du Sous Investissement Agricole À La Crise Socio-politique." *Revue Tiers Monde* 4 (196): 927-34. doi:10.3917/rtm.196.0927.
- Gamri, Souha. 2014. "Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation Localisée : Impacts Des Conditions D'écoulement et Des Matériaux Sur Le Développement de Biofilm."
- Ganrot, Zsófia. 2005. "Urine Processing for Efficient Nutrient Recovery and Reuse in Agriculture."
- Hammer, M., and J. Clemens. 2007. "A Tool to Evaluate the Fertiliser Value and the Environmental Impact of Substrates from Wastewater Treatment." *Water Science and Technology* 56 (5): 201-9. doi:10.2166/wst.2007.573.
- Hasegawa, Paul M, Ray A Bressan, Jian-kang Zhu, and Hans J Bohnert. 2000. "Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity." *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-99. doi:10.1146/annurev.arplant.51.1.463.
- Jonsson, H., A.R. Stinzing, B. Vinneras, and E. Salomon. 2004. "Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production." *EcoSanRes Publication Series 2*: 1-35. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf.
- Jönsson, Håkan, Thor Axel Stenström, Jan Svensson, and Annika Sundin. 1997. "Source Separated Urine-Nutrient and Heavy Metal Content, Water Saving and Faecal Contamination." *Water Science and Technology* 35 (9): 145-52. doi:10.1016/S0273-1223(97)00192-3.
- Karak, Tanmoy, and Pradip Bhattacharyya. 2011. "Human Urine as a Source of Alternative Natural Fertilizer in Agriculture: A Flight of Fancy or an Achievable Reality." *Resources, Conservation and Recycling* 55 (4): 400-408. doi:10.1016/j.resconrec.2010.12.008.
- Lienert, Judit, T. Bürki, and B. I. Escher. 2007. "Reducing Micropollutants with Source Control: Substance Flow Analysis of 212 Pharmaceuticals in Faeces and Urine." *Water Science and Technology* 56 (5): 87-96. doi:10.2166/wst.2007.560.
- Maas, E.V, and S.R Grattan. 1999. "Crop Yield as Affected by Salinity." *Agricultural Drainage*, no. 38: 55-108. doi:10.2134/agronmonogr38.c3.
- Martins. 2008. "Microbiogéochimie, Transfert Réactif et Impact Des Micropolluants Dans Les Sols. Approche Couplée Multi-Échelles et Modélisation."
- Maurer, M., W. Pronk, and T. A. Larsen. 2006. "Treatment Processes for Source-Separated Urine." *Water Research* 40 (17): 3151-66. doi:10.1016/j.watres.2006.07.012.
- Mnkeni, Pearson N S, Funso R Kutu, Pardon Muchaonyerwa, and Lorimer M Austin. 2008.
- Valorisation de l'Urine par Irrigation au Goutte à Goutte 24 "Evaluation of Human Urine as a Source of Nutrients for Selected Vegetables and Maize under Tunnel House Conditions in the Eastern Cape, South Africa." *Waste Management & Research* :
- The Journal of the International Solid Wastes and

Public Cleansing Association, ISWA 26 (2): 132–39. doi:10.1177/0734242X07079179.

- Richert, Anna, Robert Gensch, Linus Dagerskog, and Håkan Jönsson. 2010. Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production. http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf.
- Richert, Anna, Robert Gensch, Håkan Jönsson, Thor-Axel Stenström, and Linus Dagerskog. 2011. Conseils Pratiques Pour Une Utilisation de l'Urine En Production Agricole.
- Schönning, Caroline, and Thor Axel Stenström. 2004. "Guidelines on the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems."
- Senecal, Jenna. 2010. "Human Urine Enhances Biomass Production in Spinach," no. Höglund 2001: 2001.
- Thayyil, Pradeepkumar. 2017. "Fertigation - the Key Component of Precision Farming," no. March.
- Udert, K. M., T. a. Larsen, and W. Gujer. 2006. "Fate of Major Compounds in Source-Separated Urine." *Water Science and Technology* 54 (11–12): 413–20. doi:10.2166/wst.2006.921.
- Udert, Kai M., Tove A. Larsen, Martin Biebow, and Willi Gujer. 2003. "Urea Hydrolysis and Precipitation Dynamics in a Urine-Collecting System." *Water Research* 37 (11): 2571–82. doi:10.1016/S0043-1354(03)00065-4.
- WHO. 2006. "WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Volume III - Wastewater and Excreta Use in Aquaculture" 3: 162.
- Winker, Martina, Joachim Clemens, Margrit Reich, Holger Gulyas, and Ralf Otterpohl. 2010.
- "Ryegrass Uptake of Carbamazepine and Ibuprofen Applied by Urine Fertilization." *Science of the Total Environment* 408 (8). Elsevier B.V.: 1902–8. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.01.028.