
Rapport de stage individuel

Proposition d'agencement d'un modèle de village vigneron

5^{ème} année

VinOpôle Centre Val de Loire
509 Av. de Chanteloup, 37400 Amboise



Tuteur entreprise :
M. Alexandre Duclouet
Ingénieur

Alexis Marquer
Étudiant UIT
2022-2023

Tuteur académique :
M. Sebastien Larribe

Table des matières

Table des Figures et des Tableaux.....	4
Remerciements	5
Introduction	6
1) Présentation de la structure d'accueil	7
2) Présentation de la mission.....	10
a) Motivation du vinOpôle sur le projet Village Vigneron	10
i) La relation entre le vin et la jeune génération	10
ii) Raisons environnementales	10
iii) Les attentes	11
b) Motivation personnelle	12
i) Projet en accord avec ma vision du futur.....	12
ii) Projet en accord avec mes études	12
iii) Les inquiétudes.....	13
c) État des lieux du projet à mon arrivée.....	13
i) Lieu du village	13
ii) Les différents besoins identifiés d'un point de vue vinicole.....	14
iii) Les interrogations	15
d) Les attentes du vinopole envers moi	15
i) Rapprochement avec Polytech Tours	15
ii) Apporter mes connaissances et faire un plan	15
3) Le déroulé de la mission	17
a) Les différents entretiens	17
i) Visite de trois chais	17
ii) La gestion de l'eau	19
b) Etude bibliographique	20
i) La vinification.....	20
ii) Consommation énergétique	22
iii) Production énergétique	24
iv) Gestion de l'eau	27
v) Production de CO2.....	29
vi) Résidus de la vinification	31
vii) Matières sèches	31
c) Plan.....	31
i) Objectif	31

ii) Outil utilisé	32
4) Présentation du plan d'aménagement du Village Vigneron	33
a) Présentation générale.....	33
b) Présentation des éléments du plan	34
i) Zones liées à l'activité vinicole et accessibilité	34
ii) Production énergétique	35
iii) Gestion de l'eau	37
iv) Eléments potentiels	40
5) Retour réflexif sur l'expérience.....	43
a) Sujets à dégager	43
b) Améliorations	43
c) Faisabilité avec production de bière	44
d) Compétences/capacités acquises	44
e) Projection future	45
Conclusion.....	46
Références bibliographiques	47
Table des annexes.....	50

Table des Figures et des Tableaux

Figure 1: Carte des vignobles dans le Val de Loire	7
Figure 2 : Siège social du vinOpôle	8
Figure 3: Les thématiques prioritaires du vinOpôle Centre-Val de Loire	9
Figure 4 : Localisation du Village Vigneron	14
Figure 5 : Intérieur du chai du lycée agricole d'Amboise	17
Figure 6 : Intérieur du chai du domaine du Mortier (côté ouvert sud)	18
Figure 7 : Intérieur du chai du domaine du Mortier (côté semi-enterré Nord).....	19
Figure 8 : Consommations d'énergie en kWh/hl en fonction de la taille de l'exploitation.....	23
Figure 9 : Schéma représentant le cycle de vie d'un bien	24
Figure 10 : Émissions de CO2 par kWh des différentes énergies	25
Figure 11 : Diagramme de la quantité d'eau utilisée par hectolitre de vin produit	27
Figure 12 : Plan de situation	33
Figure 13 : Plan zoomé sur les activités viticoles	34
Figure 14 : Plan zoomé sur la production énergétique du village	35
Figure 15 : Plan zoomé sur la gestion de l'eau.....	37
Figure 16 : Plan zoomé sur des éléments potentiels du village	40
Figure 17 : Le diagramme de phase du CO2	41
Tableau 1 : Répartition de la consommation énergétique pour la vinification	22
Tableau 2 : Impact du récupérateur d'eau pluviale sur la consommation d'eau	28
Tableau 3 : Bilan carbone du secteur viticole	29
Tableau 4 : Potentiel mensuel de récupération d'eau pluviale	38

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et à mon accueil dans l'association VinOpôle Centre-Val de Loire.

Plus particulièrement, je remercie la présidence du VinOpôle, Mme Veilex Florence, pour sa confiance accordée qui m'a permis de réaliser ce stage de fin d'études, je remercie Mme Merdy Melissa, responsable IFV à Amboise, qui m'a accueilli dans les bureaux de son unité. Et je remercie grandement mon maître de stage M. Duclouet Alexandre, ingénieur IFV, qui a utilisé de son temps pour m'intégrer au VinOpôle. Grâce à sa confiance, j'ai pu m'accomplir totalement dans mes missions. Il s'est montré d'une aide précieuse dans toutes les interrogations que j'ai pu avoir et il a su être disponible quand il le fallait malgré un emploi du temps chargé.

J'adresse également mes remerciements à ma tutrice universitaire de Polytech Tours, M. Larribe Sebastien, ainsi qu'à Mme Pascaline Robin, secrétaire des stages, qui m'ont permis de réaliser ce stage.

Je tiens aussi à remercier toutes les différentes personnes que j'ai pu côtoyer au quotidien dans les locaux, à savoir M. Delanoue, M. Fernandes, Mme Beguin, M. Poupault, Mme Grandmorcel, Mme Brizard, M. Magniez et M. Dapres. Je tiens à remercier également les différents intervenants extérieurs que j'ai pu côtoyer durant mon projet comme M. Boisard, M. Delanoue et Mme Thauay ou le lycée agricole d'Amboise.

Introduction

La mutualisation est définie comme une « action consistant à mettre en commun des moyens [...] afin de réduire des coûts et de réaliser des économies » (linternaute.fr, 2021). C'est une définition qui se développe au fil des années tant ce concept est, aujourd'hui, régulièrement pris en compte dans des démarches de modernisation, que ce soit dans le domaine public ou privé.

L'action de mutualiser est aussi utilisée de plus en plus dans la vie de tous les jours (par exemple, le covoiturage permet de mutualiser un trajet en voiture), la société de consommation est un modèle de croissance vieillissant qui a eu, et a encore, des effets néfastes sur l'homme et l'environnement, les consciences évoluent à ce sujet. Ainsi, des nouveaux modes de consommations émergent, parmi eux, la consommation collaborative visant à s'échanger des services entre particuliers.

C'est dans cet aspect de mutualisation que le vinOpôle Centre-Val de Loire a pensé à regrouper quatre zones de production dans un seul et même espace. Cette espace est nommée Village Vigneron. C'est le nom du projet à l'étude dans ce rapport.

Dans quelle mesure la mutualisation est-elle possible dans une zone de production ? Plus précisément ici dans une zone de production viticole où chaque producteur souhaite garder sa propre identité. Et ajouté à cela, dans quelle mesure la production bénéficie de cette mutualisation ?

Tout d'abord, je vais présenter la structure d'accueil à travers le temps et à travers les valeurs qu'elle incarne. Je vais ensuite présenter la mission qui m'a été confiée, en évoquant les intérêts de part et d'autre et les attentes qui me sont attribuées. Puis, je vais analyser le déroulé de ma mission, en expliquant les méthodes qui m'ont permis de la remplir. Enfin je vais présenter le principal livrable de ma mission avant de faire un retour réflexif et critique sur mon stage de fin d'études.

1) Présentation de la structure d'accueil

Le vinOpôle Centre-Val de Loire est une association qui fut créée en décembre 2013, dans le but de regrouper les différents professionnels de la région qui travaillent dans la filière viticole. Au sein du bureau siègent divers représentants de cette filière : des vignerons, des chercheurs, des universitaires, des techniciens ainsi que d'autres acteurs représentant la région. Ce rassemblement vise à favoriser l'émergence de nouveaux projets collaboratifs, afin de faire évoluer la filière viticole du Val de Loire, de faire grandir sa compétitivité. Elle est aujourd'hui le 6^{ème} bassin viticole français avec une production avoisinant les 2,5 millions d'hectolitres (Agreste, 2022).

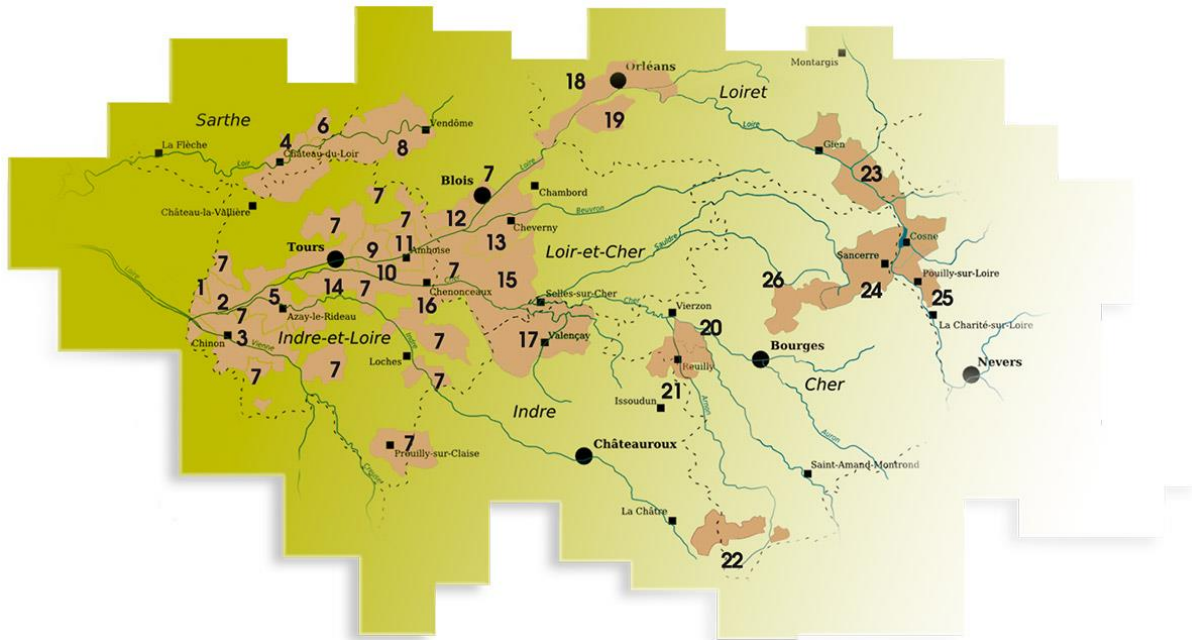


Figure 1: Carte des vignobles dans le Val de Loire

Source : VinOpôle Centre-Val de Loire, 2019a

En 2015, l'Institut français de la vigne et du vin (IFV), qui est un organisme de recherche en viticulture et œnologie, est contraint de déménager de Tours. À la suite de ce déménagement, le vinOpôle décide de créer un bâtiment à proximité du lycée d'Amboise, commune située sur les bords de Loire à environ 35 minutes de Tours, pour y installer son siège social. Ce rapprochement avec le lycée agricole proposant une formation viticole n'est pas anodin, le vinOpôle souhaite développer l'avenir de la filière et cela passe par l'enseignement, le lycée est donc vu comme un partenaire important. Un site de 1500m² voit donc le jour le 7 juillet 2015, et pour renforcer les liens et les échanges entre les différents organismes vitivinicoles la décision est prise d'intégrer le comité d'inspection des vins de Touraine (CIVT), la fédération régionale des Vignerons indépendants de France, et donc l'IFV. (La Nouvelle république, 2017)



Figure 2 : Siège social du vinOpôle

Source : Alexis Marquer

Depuis le 18 mars 2017, le vinOpôle Centre-Val de Loire est une association loi 1901, reconnue d'intérêt général. Les membres de l'association se répartissent en quatre collèges. Tout d'abord les représentants de la filière vitvinicole qui vont pouvoir s'assurer de la prise en compte des besoins professionnels. Il y a également les représentants des institutions, notamment les collectivités locales, qui vont, eux, pouvoir s'assurer de la cohérence territoriale des différents projets. Ensuite, les différents organismes de recherche, ou de formation, qui vont travailler davantage sur l'élaboration des projets avec différentes études à mener. Et enfin les partenaires privés, comme des entreprises de production ou de distribution, qui vont pouvoir contribuer aux projets, aux études. Chaque collège a un représentant au Bureau de l'association. Aujourd'hui, et depuis le 13 novembre 2019, la Présidente de l'association est Mme Veilex, ex-vigneronne à Chateaufieux (41). Néanmoins, la Direction de l'association est à la charge de l'IFV. (VinOpôle, 2019b)

La force du vinOpôle est la diversité des membres qui la compose, cela crée des échanges pluridisciplinaires qui vont permettre de développer des idées innovantes, viables et reproductibles, qui vont approcher la filière viticole d'un futur idéal. Celui-ci est imaginé comme un monde « fait de vignes sans intrants, de nature protectrice de la planète, de consommateurs conscients, à la recherche de produits adaptés aux nouvelles attentes, d'humains heureux et vivant sereinement de leur travail » (VinOpôle, 2023). On s'aperçoit, dans les propos de la présidente, que la dimension environnementale est fortement prise en compte par l'association, ils réfléchissent pour les projets du futur et celui-ci est étroitement lié à l'état de la planète. La filière viticole est très ancienne, certaines pratiques sont restées très traditionnelles, mais, pour survivre dans le temps, il faut pouvoir s'adapter. Cette adaptation est continue et a déjà commencée avec par exemple des vendanges qui ont lieu aujourd'hui début septembre, alors qu'il y a plusieurs dizaines d'années c'était plutôt fin septembre, voire début octobre. L'objectif premier est de continuer à faire des produits qualitatifs, il faut ainsi parfois changer de cépages (variété de vigne) suivant l'environnement.

Pour se rapprocher d'un futur idéal, le vinOpôle se focalise sur deux enjeux majeurs : la diminution des gaz à effet de serre et la gestion de l'eau. Et pour cela, plusieurs axes de recherche ont pu être dégagés avec des problématiques viticoles (production du raisin), vinicoles (production du vin) mais aussi humaines (cf. figure 3). C'est le défi 2 (production) qui m'a amené à faire ce stage de fin d'études dans l'association.

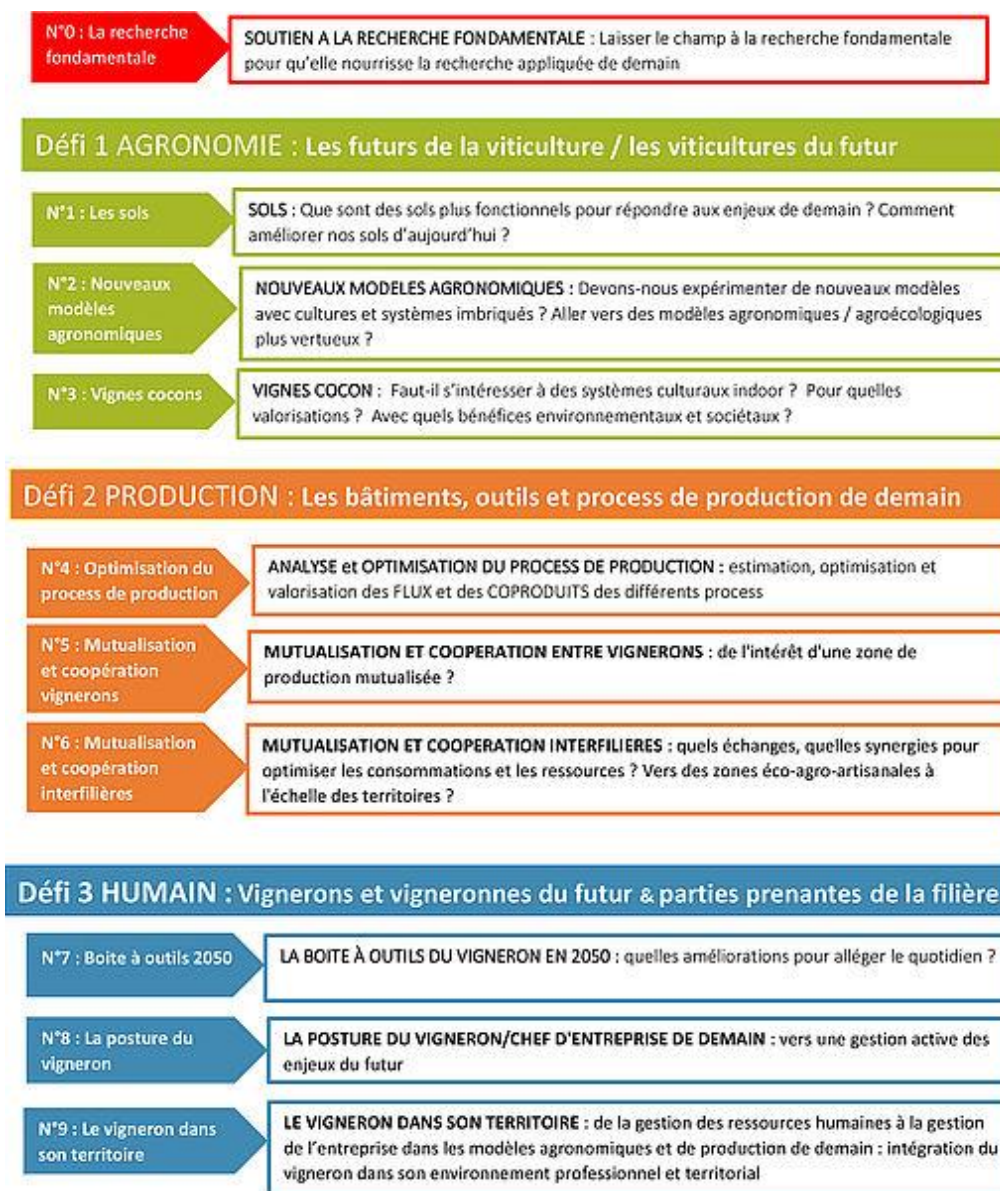


Figure 3: Les thématiques prioritaires du vinOpôle Centre-Val de Loire

Source : VinOpôle Centre-Val de Loire, 2022

2) Présentation de la mission

a) Motivation du vinOpôle sur le projet Village Vigneron

i) La relation entre le vin et la jeune génération

L'âge moyen d'un vigneron est de 50 ans (Frydman, 2022) et une vague importante de départs à la retraite est à prévoir. Cependant, les jeunes passionnés par la vigne sont encore nombreux, et il y a une bonne anticipation avec le développement de nombreuses écoles spécialisées (cf. Lycée viticole à Amboise) qui font sortir près de 2000 jeunes chaque année dans la filière viticulture-œnologie d'après Gingembre et Najim (2021) in Frydman (2022).

Beaucoup de jeunes cherchent, après quelques années, à avoir leur propre exploitation viticole. Et même s'ils reprennent le domaine familial, nombreux sont les jeunes qui n'ont pas de parents dans la filière et doivent ainsi « partir de zéro ». Ce n'est pas un parcours facile et cela peut facilement en décourager certains.

D'après Mme Merdy, responsable d'unité à l'IFV d'Amboise, qui a eu un entretien avec trois viticulteurs du bassin Val de Loire, la majorité du vin de la région est transformé dans des coopératives, et le peu de chai (lieu où se déroule toute la vinification du vin) disponible est très souvent raccordé à une maison d'habitation. Le problème posé par les coopératives repose sur l'impossibilité de faire son propre vin et de lui garantir une identité. En effet les viticulteurs coopérateurs se chargent de la livraison du raisin, c'est ensuite la coopérative qui transforme les raisins en vin, peu d'exploitation dispose donc de leur propre chai. Toujours selon les entretiens menés, les chais mis en vente sont généralement liés à une habitation et peu de nouveaux installés souhaitent bénéficier d'une maison au cœur de leur chai.

Comme solutions restantes, trouver un chai en vente non raccordé à une maison. Mais cela est forcément très rare et onéreux entre 300 000€ et 400 000€ si je me base sur les annonces du site Vineatransaction. De plus, souvent on a des chais qui ont traversé des générations, et donc beaucoup de bâtiments existants sont très vieux, et vont souvent être un peu obsolètes pour une production future, ce qui va nécessiter de potentiels gros travaux, notamment au niveau de l'isolation.

Sinon, il faut construire son propre chai, mais encore une fois, aujourd'hui, ce sont des prix très élevés, surtout en faisant appel à une main d'œuvre. Et les prix peuvent grimper rapidement lorsque l'ambition est de construire un bâtiment vertueux d'un point de vue écologique, ça peut être rentable après de nombreuses années (en termes d'énergie entre autres) mais l'investissement est conséquent. Et au-delà du bâtiment il faut derrière acheter tout le matériel, toutes les ressources utiles pour la vinification.

ii) Raisons environnementales

Ce projet de Village Vigneron est un projet qui s'inscrit complètement dans la feuille de route du vinOpôle Centre-Val de Loire, cela correspond à l'axe numéro cinq de la figure 3 du rapport, et même plus largement à tout le défi 2 lié à la production, ce qui représente les étapes du process entre la

transformation du raisin en vin et la commercialisation de celui-ci. Ces étapes ont le plus fort impact environnemental.

Il est donc important de réfléchir à des solutions liées au bâtiment en lui-même, le lieu où se déroule quasiment toutes les étapes de la production. Il faut trouver un moyen de réduire les différentes consommations et la production de CO₂, deux valeurs qui sont extrêmement liées car en réduisant l'un, on réduit l'autre. Je reviendrai plus en détail sur les différents flux dans des parties dédiées.

Mais aujourd'hui le contexte environnemental fait qu'il devient urgent de considérer les problèmes liés au réchauffement climatique et qu'il faut y trouver des solutions. Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine a fait augmenter considérablement la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les scientifiques alarment le monde depuis de nombreuses années, notamment via les rapports du GIEC, sur les dangers de cette hausse. Mais les mesures concrètes prises, entre autres par les différents gouvernements, peinent à voir le jour, à tel point qu'aujourd'hui, le changement climatique peut sembler irréversible. Et les conséquences sont nombreuses : une élévation du niveau de la mer qui menace de nombreuses zones du globe, des fortes précipitations, des sécheresses intenses, des canicules plus fréquentes, le développement de nouvelles pathologies.

Toutes ces conséquences vont toucher directement les vignes. Les différentes périodes de gel et de canicule vont venir altérer la qualité du vin produit. Ces dernières années, la maturation du raisin est très rapide et les cépages subissent un changement de zones géographiques. De nombreuses maladies risquent de voir le jour impliquant des traitements plus compliqués. De plus, la vigne, qui est une plante ayant une bonne capacité d'aller chercher l'eau dans le sol, est de plus en plus soumise à un déficit hydrique. C'est pour cette raison que les vins produits aujourd'hui vont avoir tendance à avoir des degrés alcooliques assez élevés. (Chambres d'agriculture France, 2020)

La filière vitivinicole est extrêmement consommatrice en eau, elle représente une problématique actuelle mais aussi future si on se projette. Les sécheresses vont s'accroître, l'eau sera de moins en moins accessible alors que les besoins seront toujours très importants pour l'hygiène. Des mesures visant à interdire certaines utilisations de l'eau risquent d'apparaître, et le vin, ne représentant pas un produit de nécessité première, pourrait être visé. Il faut donc chercher des solutions pour minimiser les consommations d'eau. Et de manière plus globale, il faut s'attaquer à la base du problème en cherchant à réduire les émissions de gaz à effet de serre de la filière.

iii) Les attentes

Le vinOpôle, à travers ce projet de Village Vigneron, cherche donc à minimiser l'impact environnemental de la filière. Et pour atteindre cet objectif, l'association se pose la question de l'intérêt de mutualiser les différentes ressources nécessaires au fonctionnement de la production vinicole. Le but est de viser une économie d'échelle, en regroupant la production de plusieurs vigneron, la quantité totale de production sur la zone serait plus importante et les coûts de production seraient moins importants. Le coût en question évoque à la fois le coût des différentes ressources vitivinicoles, mais aussi le coût de l'eau et le coût de l'énergie. Le but est de mutualiser tout ce qui peut être mutualisé afin de faire baisser les factures de chaque vigneron concerné. Néanmoins l'association met un point d'honneur à ce que le village ne ressemble pas à une coopérative et ne fonctionne pas comme telle. Chaque vigneron réalise son propre vin, de la vigne à la mise en bouteille, en gardant sa propre identité.

On a pu évoquer les motivations environnementales de l'association précédemment, il faut que le village vigneron soit une solution durable. C'est-à-dire que le village doit pouvoir répondre aux différentes exigences environnementales à travers le temps. Pour cela, il faut qu'il soit économe voire autonome énergétiquement ou concernant la gestion de l'eau, cela permettrait d'être davantage indépendant dans ses dépenses. Les différents bâtiments doivent aussi pouvoir s'intégrer dans le patrimoine paysager, tout en utilisant des matériaux respectueux de l'environnement.

Cette idée de village ne s'arrête pas seulement à la vigne ou à Amboise, l'idée du vinOpôle est que ce village devienne un modèle pour l'avenir, qu'il puisse être reproductible partout en France, partout dans le monde, et qu'il s'exporte dans différentes filières agro-alimentaires, la production de bière par exemple. L'intérêt de ce village est ainsi multiplié.

b) Motivation personnelle

i) Projet en accord avec ma vision du futur

Des différentes propositions que j'ai pu recevoir pour mon stage de fin d'études, celle du vinOpôle est celle qui m'a le plus attiré l'œil. Je n'ai pas hésité très longtemps après que Mme Veilex et M. Duclouet m'aient présenté le projet de Village Vigneron. J'ai rapidement cerné les motivations de l'association, avec une volonté d'innover et une prise en compte de l'environnement dans tous ses projets. Et à travers le projet du village, j'ai pu repérer plusieurs points qui sont en accord avec ma vision du futur.

Il y a l'aspect de mutualisation et de partage qui pour moi est nécessaire afin de calmer la surconsommation actuelle dans le monde. Énormément de matériaux, d'objets, de machine peuvent être mutualisés dans la vie de tous les jours, il faut pouvoir développer ce savoir-vivre en communauté. L'idée également d'avoir des circuits courts en regroupant les productions est primordiale, il faut pouvoir limiter les distances entre tous les acteurs, le transport étant l'un des secteurs les plus concernés par les émissions de gaz à effet de serre. Il faut pouvoir, à l'avenir, consommer de façon locale. Et enfin, l'idée d'avoir des énergies vertes, des énergies propres et renouvelables, dans le village, m'intéresse vraiment. Selon moi, il est important que la part de ces énergies augmente dans le mix énergétique afin de remplacer progressivement les énergies fossiles.

ii) Projet en accord avec mes études

Au-delà de ma vision du futur, le projet est totalement en accord avec mes études et avec ce que j'apprécie. Durant ma formation à Polytech Tours, les cours qui m'ont passionné le plus sont ceux liés à l'option réseau. Cette option m'a permis d'apprendre beaucoup de choses, d'un point de vue théorique notamment sur les énergies mais aussi d'un point de vue pratique, en développant ma capacité de dimensionner des systèmes suivant différents besoins. Dans ce projet de Village Vigneron, j'ai remarqué rapidement qu'il y avait un gros travail à réaliser sur le côté énergétique.

Bien que le village ne représente qu'un seul projet, on retrouve tout de même un côté transversal car il aborde des sujets très variés, dont certains où j'avais un niveau de connaissance assez

faible. C'était donc une bonne opportunité pour moi de compléter ma formation en découvrant de nouveaux sujets, la découverte est très souvent stimulante. Et puis au-delà de cela, c'est un projet de recherche, et donc les propositions innovantes sont les bienvenues, j'ai senti qu'il n'y avait pas trop de limites. Cela m'a d'ailleurs fait penser à ce que j'ai pu réaliser durant mon Erasmus à Bratislava en Slovaquie, avec un projet de réhabilitation de friches où il n'y avait peu de contraintes.

iii) Les inquiétudes

Malgré la grande attirance que j'ai eu pour ce projet, il y a eu quand même quelques inquiétudes avant de débiter. En effet, bien que je sois issu d'une famille d'agriculteur, la filière vitivinicole est très éloignée de ce que je pouvais connaître. Je savais, en acceptant le stage, qu'il allait me falloir du temps pour m'approprier cette filière et ce process, mais j'étais assez curieux de découvrir tout cela.

Mis à part cela, j'ai aussi eu l'impression qu'il y avait énormément de sujets à traiter au sein du projet, dont certains que je ne maîtrisais pas. Le risque étant alors de potentiellement s'éparpiller, en sachant en plus que j'allais beaucoup être en autonomie, ce qui représentait une autre source d'inquiétude car je savais que sur certains sujets spécifiques, je n'allais pas pouvoir être aidé.

Ces inquiétudes étaient tout de même assez minimales par rapport à mon envie de travailler sur ce projet.

c) État des lieux du projet à mon arrivée

i) Lieu du village

Le Village Vigneron a pour ambition de s'installer au sud de Amboise, au 383 Avenue Emile Gounin. Actuellement, à cette adresse, on y retrouve le centre équestre du lycée agricole d'Amboise. Le devenir de ce centre équestre est encore en suspens mais les probabilités pour qu'il ferme sont grandes. Les bâtiments existants pourraient néanmoins restés en place. Ce village est en collaboration avec le lycée et une place devrait ainsi lui être réservée dans le projet afin de construire le nouveau chai du lycée. Les besoins du lycée en termes de surface sont estimés à 2000 m². La figure ci-dessous nous montre les alentours du potentiel village, la zone est assez éloignée des habitations, elle est néanmoins proche de la forêt d'Amboise, ainsi que de la Pagode de Chanteloup un monument du XVIII^e siècle classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO. Ce monument nécessitera des autorisations de la part des architectes des Bâtiments de France (ABF).

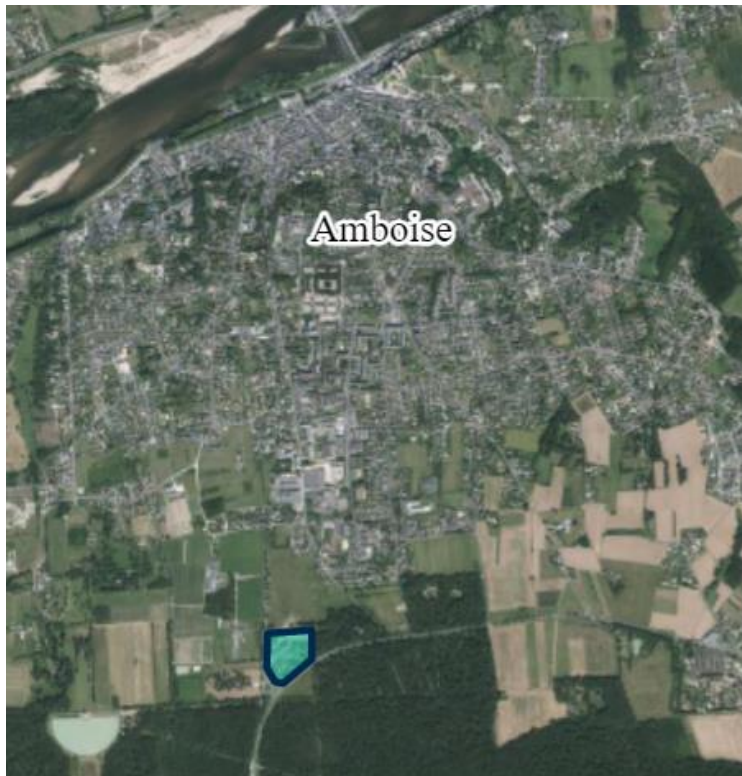


Figure 4 : Localisation du Village Vigneron

Source : Géoportail

ii) Les différents besoins identifiés d'un point de vue vinicole

Plusieurs réunions ont eu lieu pour parler de ce projet de Village Vigneron. De nombreux acteurs y étaient à chaque fois conviés : des producteurs de vin (mais pas seulement, des producteurs de bières et de cidres également), le lycée, la chambre d'agriculture, les syndicats, les financeurs... L'idée de ces différentes réunions était de garder contact avec tous les partenaires pour montrer l'intérêt porté au projet, mais l'idée également était de rassembler différents avis sur les besoins de ce village, notamment d'un point de vue vinicole.

Durant ces réunions, plusieurs points ont été décidés et ont été résumés dans des comptes rendus. Le village accueillerait quatre producteurs, chacun avec son propre chai de 200 m² orienté nord avec un auvent de 60 m². En prenant des vigneron, la production maximale est estimée à 10 hectares de vignes, soit environ 600hl (en prenant le maximum de rendement possible qui est de 60 hl/ha). L'idée de ces chais est d'être une coquille vide afin de rester adaptable et modulable dans une démarche évolutive. L'idée de kit d'installation d'un point de vue cuverie est même mis en avant. L'aspect humain est également appuyé avec l'hygiène ou la sécurité du lieu, le lieu doit être agréable à vivre et à travailler en évitant que le village ressemble à une zone industrielle mais plutôt à un bel espace verdoyant. Au-delà des quatre chais, il y aurait un bâtiment collectif. Celui-ci servirait comme espace de vie, comme espace de coworking, comme espace de réception/magasin, ainsi que comme espace de conditionnement.

D'un point de vue production, il faut que les étapes jusqu'au tiré-bouché soit personnelles, et qu'après celle-ci, elles soient mutualisées au maximum. Donc cela implique une difficulté de mutualiser les équipements servant à la production (le pressoir par exemple), car tout le monde produit dans le même laps de temps. Au niveau des matières premières (bouchons, bouteilles, cartons), tous les achats doivent être mutualisés via une centrale d'achat. Les déchets doivent être également mutualisés, ainsi que les différentes productions d'énergie.

iii) Les interrogations

A la suite des réunions, il y a encore des interrogations sur certains points. La mutualisation de l'énergie et sur la gestion de l'eau a été très rapidement abordé. Cela s'explique par une méconnaissance globale des flux, une méconnaissance des différentes consommations dans un chai. Ce n'est pas forcément un sujet sur lesquels les producteurs sont sensibilisés. Les besoins sont donc difficilement identifiables.

De plus, le modèle économique du village pose beaucoup de problèmes, notamment sur la question propriétaire ou locataire. Selon les participants à la réunion, il faut que tout le monde soit au même statut donc plutôt locataire pour qu'il n'y ait pas une « prise de pouvoir ». Mais il faut trouver un propriétaire, des investisseurs. La possibilité d'un investisseur privé est à étudier, mais ce n'est pas l'objet de mon stage.

d) Les attentes du vinopole envers moi

i) Rapprochement avec Polytech Tours

Le vinOpôle a toujours eu cette volonté d'intégrer les écoles dans ses différents projets, de participer à l'enseignement et à la formation des acteurs de demain. Elle ne s'approche pas seulement des écoles agricoles tant les projets sont variés. Ici l'association s'est donc approché de l'école d'ingénieur Polytech Tours pour travailler sur le Village Vigneron. Le projet a rapidement plu à l'école pour sa variété de sujets notamment, des sujets transversaux qui peuvent correspondre à plusieurs formations de l'école (aménagement, environnement, informatique, mécanique etc...). C'est un projet de recherche assez vaste laissant libre court à l'imagination des étudiants. Chaque année l'école cherche des commanditaires pour les différents ateliers inter-filières ou pour les ateliers d'option, le vinOpôle représente ainsi une très belle option. Pour l'association, le fait de beaucoup travailler avec les écoles est aussi une solution économique pour elle. Et puis cela permet d'avoir de nombreuses visions sur le projet, parfois très différentes de celles qu'ils avaient en tête.

Ici j'interviens donc comme le premier élément de l'école à travailler sur le projet. J'ai conscience que ce projet tient à cœur à l'école et cela rajoute une petite pression supplémentaire car l'envie de continuer la collaboration est mutuelle. Il m'a d'ailleurs été fixé, à travers ce stage, de défricher le projet afin de repérer les axes de travail, dans le but de mettre en avant d'autres sujets d'études potentiels, que ce soit sous forme de stage ou d'atelier.

ii) Apporter mes connaissances et faire un plan

Au-delà de défricher le projet, le vinOpôle m'a pris en tant que stagiaire pour que j'apporte mes connaissances, notamment dans le domaine des flux d'énergies, qui est encore assez méconnu dans la filière. Il faut que je regarde au niveau de la production et au niveau de la consommation. La gestion de l'eau doit aussi être étudiée, ainsi que la production de CO2. Dans le même temps, le process

de production du vin doit être bien mémorisé pour que les différentes solutions soient cohérentes avec la filière.

Cette connaissance progressive de la filière m'aidera alors à ne pas omettre des contraintes dans l'aménagement du Village Vigneron. En effet la mission principale du stage est de réaliser un plan d'aménagement avec toutes les différentes zones d'un chai, ainsi que les différentes productions d'énergie, ou en encore la gestion de l'eau. Pour obtenir un plan à l'échelle, il faut que tous les systèmes de production ainsi que toutes les différentes cuves soient bien dimensionnés.

3) Le déroulé de la mission

a) Les différents entretiens

i) Visite de trois chais

Au cours de mon stage, et notamment au début de celui-ci, j'ai eu l'occasion de découvrir trois chais différents, à chacune de ces visites j'ai pu prendre quelques notes.

J'ai d'abord visité le chai du lycée le 3 mai, soit le lendemain de mon arrivée au vinOpôle. Le chai du lycée agricole d'Amboise est visible du siège social de l'association (moins de 300m sépare les deux bâtiments), et la très bonne relation entre les deux organismes ont facilité ma venue. Mon maître de stage, M. Duclouet, m'a accompagné sur les lieux afin de me faire découvrir le process dans ses grandes lignes. Il est bien plus facile de comprendre le process en voyant le chemin réalisé par le produit et directement les machines utilisées (égrappoir, pressoir, ...). J'avais déjà pu apercevoir certains



équipements la veille dans le laboratoire de l'IFV au sein du siège social, mais ils étaient très différents de ceux du lycée, du point de vue de la taille notamment. De plus, le chai du lycée utilise énormément la gravité lors de la vinification. De nombreuses machines sont ainsi situées en hauteur, afin que le produit, une fois traité par la machine, tombe soit dans une autre machine, soit dans les cuves. L'intérêt d'un chai gravitaire est de minimiser l'utilisation de pompe, et d'automatiser une partie du process, cela permet, entre autres, de réduire la consommation d'électricité du chai.

Figure 5 : Intérieur du chai du lycée agricole d'Amboise

Source : Alexis Marquer

Ensuite, le 12 mai, j'ai eu l'opportunité de visiter le domaine de la Noiraie à Bourgueil (37). C'est un domaine conduit par la famille Delanoue, il m'a été possible de le visiter facilement car au sein du vinOpôle, j'étais en relation avec l'un des fils de la famille, M. Guillaume Delanoue, qui travaille à l'IFV. C'est d'ailleurs ce dernier qui m'a fait la visite du chai. Il a une très grande connaissance de la filière et du process. Il m'a tout réexpliqué concernant la vinification, en faisant un tour des différentes zones du chai. A la différence du chai du lycée, il y a une production très importante dans ce domaine, avec une surface de vignes d'environ 40 hectares. Le bâtiment est ainsi beaucoup plus grand, les cuves également, cela m'a permis de me rendre compte des dimensions nécessaires et de l'importance d'avoir un chai très organisé, avec des zones bien définies (stockage, cuverie, conditionnement, étiquetage, etc...). Le premier chai a été agrandi afin d'avoir une zone bien plus fonctionnelle pour parvenir à augmenter la production. On m'a montré différentes petites astuces sur l'aménagement du chai, différents détails principalement liés au confort des employés mais aussi pour gagner du temps. Bien que ce n'était pas forcément là où j'étais attendu pour mon stage, car ce sont des détails

spécifiques à la production que les vignerons maîtrisent déjà beaucoup, j'ai trouvé cela très intéressant à savoir. Parmi les quelques aménagements à retenir :

- Evacuation d'eaux par un système de double pente, afin d'éviter que l'eau se retrouve au milieu du passage, avec des grilles en ferrailles plus solides ou des rampes en inox.
- Dans le laboratoire où se déroule notamment l'étiquetage, des prises en hauteur pour éviter que les câbles ne traînent sont un plus.
- Les différents tuyaux (eau froide/chaude, gaz, air comprimé) ne doivent pas être encastrés. Pour le pigeage, il faut prévoir un tuyau de remontage directement sur la cuve, avec une alternance côté gauche/droite d'une cuve à l'autre pour ne pas à avoir bouger la pompe à chaque cuve.

A travers cette visite, j'ai également pu apprendre l'existence d'une Coopérative d'utilisation de matériel agricole (CUMA) auquel le domaine de la Noiraie est membre. Il s'agit de la CUMA Bourgueil Environnement Lagune (CUMA BEL), elle compte 73 membres et gère le traitement des effluents vinicoles et une aire de lavage pour les machines à vendanger. Les membres stockent leurs effluents et un prestataire dans son camion vient les collecter. Chai après chai pour les amener sur la zone de traitement (Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine, 2020).

Enfin, j'ai visité un dernier chai le 23 mai. Il s'agit du domaine du Mortier situé à Saint-Nicolas-de-Bourgueil, et qui est tenu par la famille Boisard avec, aujourd'hui, Cyril et Fabien. Ce dernier nous a donc présenté son chai, j'étais accompagné de M. Deschamps, un vigneron du secteur, et de Mme Veilex, la présidente du vinOpôle, qui s'était occupée d'organiser la rencontre. Elle trouvait que c'était une bonne opportunité pour moi de voir un chai très différent de ce que j'avais pu voir, et surtout un chai qui va dans le sens du projet de Village Vigneron d'un point de vue environnemental. En effet la particularité de ce chai est qu'il est bioclimatique, c'est-à-dire que sa construction a été pensée pour s'intégrer au mieux à son environnement, afin de viser une performance écologique optimale. Le chai est alors, dans ce cas précis, semi-enterré et construit en grande partie à partir de bottes de paille. Plus précisément, les murs sont en bois et en paille, on retrouve des pare-vapeurs à l'intérieur et de la chaux pour contrer les projections d'eau, le toit est lui en ouate de cellulose. De cette façon, M. Boisard nous a expliqué qu'il n'y avait pas besoin de thermorégulation sur la fermentation des vins, et que le groupe froid présent ne servait qu'à des courtes périodes pour la zone de stockage. Des panneaux solaires photovoltaïques sont installés pour assurer une partie des besoins du chai. Au niveau de l'investissement sur le bâtiment, M. Boisard nous a donné un chiffre de 870€/m², un chiffre très réduit car ce bâtiment a été monté sous forme de chantier participatif, et des aides à hauteur de 30% ont été attribuées par FranceAgriMer. J'ai trouvé ce chai très inspirant, et cela correspond en partie à la vision que j'avais des chais dans le futur Village Vigneron.



Figure 6 : Intérieur du chai du domaine du Mortier (côté ouvert sud)

Source : Alexis Marquer



Figure 7 : Intérieur du chai du domaine du Mortier (côté semi-enterré Nord)

Source : Alexis Marquer

Ces trois visites m'ont toutes été utiles à des degrés différents. Elles sont intervenues assez tôt dans mon stage, cela m'a vraiment permis d'accélérer mon acclimatation à la filière vinicole et à tout le processus de production. J'ai beaucoup appris sur l'organisation d'un chai, sur les différentes contraintes du métier de vigneron. De plus les trois chais avaient chacun leur spécificité : la gravité, la taille, le bioclimatique. Cela représente une grande source d'inspiration en ce qui concerne le projet du Village Vigneron.

ii) La gestion de l'eau

Au cours de mon stage, j'ai eu l'occasion de discuter avec deux personnes sur le sujet de la gestion de l'eau. Ce n'était pas mon sujet de prédilection donc c'était un plaisir de pouvoir avoir ces discussions, j'ai pu apprendre beaucoup de choses qui sont venues compléter mes recherches bibliographiques.

La première discussion a eu lieu avec Mme Thaunay, conseillère viticulture à la chambre d'agriculture d'Indre et Loire. Dans son travail, elle intervient sur de nombreux projets, donc certains portant sur la gestion de l'eau. Elle m'a d'abord expliqué pourquoi la gestion de l'eau était primordiale, cela reprend des raisons que j'ai déjà évoqué (cf. dernier paragraphe de la partie 2)a)ii)). Elle m'a ensuite présenté l'idée de recycler les eaux usées avec un système fermé, de façon à pouvoir la réutiliser par la suite. Cela passe par un traitement long et coûteux, mais cet investissement pourrait s'avérer rentable car l'eau est une ressource qui se raréfie. Mme Thaunay m'a expliqué toutes les bases concernant le traitement des effluents vinicoles. D'après elle, l'idéal est d'avoir 3 cuves différentes selon le type d'eau avec des systèmes de bypass pour boucher les tuyaux suivant le type :

- Une cuve pour les eaux organiques : effluents vinicoles provenant du chai, eaux de nettoyage de la machine à vendanger
- Une cuve pour les effluents phytos : fond de cuve du pulvérisateur, eaux de rinçage de la cuve et eaux de lavage du pulvérisateur (extérieur) ou de la cabine du tracteur après une opération de traitement
- Une cuve pour les huiles et graisses

Concernant les eaux organiques, elles ne peuvent pas être rejetées dans la nature telles quelles, il y a des indicateurs avec des valeurs limites à respecter (M. Thaunay, Chambre d'agriculture d'Indre et Loire, Comm. Pers.) :

- MES (Matières En Suspension) : cela correspond à la pollution solide, c'est ce qui va rendre l'eau trouble ou non. La valeur limite est de 100 mg/l.
- DCO (Demande Chimique en Oxygène) : cela correspond à la quantité d'oxygène utile pour dépolluer l'eau. La valeur limite est de 300 mg/l.
- DBO5 (Demande Biologique en Oxygène) : cela correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader l'ensemble de la matière organique d'une eau à 20°C, en obscurité, pendant 5 jours. La valeur limite est de 100 mg/l.

Une phase de traitement est donc nécessaire. Pour cette raison, Mme Thaunay m'a décrit rapidement le fonctionnement d'une station d'épuration. Pour résumer, il y a plusieurs phases, notamment le dégrillage et la décantation, qui permettent, à la fin, d'obtenir des boues d'un côté, et une eau « propre » de l'autre. Cette eau n'est néanmoins pas potable, d'où la présence de guillemets, et selon l'article R1321-1 du Code de la Santé Publique, les eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) sont définies comme « toutes les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation de produits ou de substances, destinés à la consommation humaine ». Cette eau « propre » peut ainsi, soit être potabilisée mais cela nécessite des moyens colossaux, soit être utilisée pour l'irrigation des vignes, pour le nettoyage du sol etc...

La deuxième discussion concernant la gestion de l'eau était avec M. Poupault, ingénieur à l'Institut français de la vigne et du vin. Il travaille sur le projet Minimeau qui est un projet visant à réduire au minimum la consommation d'eau et la production d'eau usée dans les industries. Pour cela, de nombreuses mesures et expériences sont réalisées sur le terrain. M. Poupault se concentre sur la filière vinicole et va donc directement dans des chais afin d'estimer les besoins et les consommations en eau, ainsi que les différentes possibilités de récupération. Il m'a ainsi donné quelques chiffres, 30% de l'eau utilisée dans un chai pourrait être récupérée sans le moindre traitement. Un des postes sur lequel le potentiel de récupération est important est la mise en bouteille, avec 90% des 30 mL d'eau utilisée par bouteille. Pour un chai produisant 600 hl, cela représente un peu moins de 20 hl d'eau récupérable lors de la mise en bouteille. Différents outils ont été imaginés, et suivant les besoins identifiés, certains sont testés, afin de mesurer quelle quantité d'eau peut être économisée. M. Poupault a évoqué le canon à mousse et le pousse à l'obus. Ce dernier fonctionne avec de l'air comprimé et s'avère très efficace, il agit sur les canalisations à vendange ou les canalisations de transfert des moûts et vins, et il permet de diminuer de 80% la consommation d'eau lors du nettoyage de ces canalisations, de diminuer également la pollution des effluents et les pertes de produits.

Le but de ces différents projets est de montrer ce qui pourrait se faire, afin de faire évoluer les réglementations sur la récupération et la réutilisation de l'eau, de les rendre moins strictes.

b) Etude bibliographique

i) La vinification

La vinification est l'étape qui transforme le raisin en vin. Toutes les informations que je vais donner sont issues soit de communications personnelles avec différents membres de l'IFV ou différents vignerons, soit de fiches qui ont été réalisées en amont de mon stage et qui reprennent les processus pour chaque type de vin avec les différents matériels utilisés ainsi que entrants/sortants pour chaque étape. Ces fiches ont été réalisées par M. Duclouet, ingénieur IFV, et Mme. Grandmorcel, alternante

IFV. Il faut savoir que la production d'une bouteille de vin classique de 75 cl nécessite environ un kilogramme de raisin. Sans rentrer trop dans les détails, je vais expliquer rapidement comment on passe du raisin à la bouteille de vin. Plusieurs étapes sont essentielles, et suivant le type de vin que l'on souhaite produire, au-delà du fait que les cépages diffèrent, l'enchaînement des étapes varie. Concentrons-nous sur le vin blanc et le vin rouge seulement.

Les premières étapes sont similaires, une benne remplie de raisins encore sous forme de grappes arrive sur la zone de dépôt du chai après les vendanges. Les grappes sont d'abord triées à l'aide d'une table de tri, puis, soit par gravité, soit par un système de convoyeur, elles rejoignent un égrappoir/fouloir. L'égrappage est l'étape qui sépare le raisin de sa rafle (la partie ligneuse de la grappe), la rafle est un déchet organique à traiter (cf. partie vi). Dans le même temps, le foulage vient éclater les grains afin d'obtenir ce qu'on appelle le moût (pulpe et jus de raisin) qui se mélange avec la peau du raisin. Les machines utilisées lors de ces étapes consomment de l'énergie électrique (cf. partie ii).

Ensuite, les process se différencient, bien que les types de flux restent similaires. Prenons d'abord le vin blanc. Le moût et la peau du raisin sont directement pressés, dans un pressoir, afin d'obtenir un moût rapidement débarrassé de nombreux résidus, on parle de marc sec en sortie de pressoir et de bourbes après une opération de débourbage/clarification (cf. partie vi). Le moût clarifié est ainsi mis en cuve afin de démarrer la phase de fermentation alcoolique. Le process du vin rouge est plus rapide. Il n'y a pas de pressurage, le moût et la peau sont directement encuvés pour une phase de macération/fermentation alcoolique. L'encuvage peut se réaliser par gravité, ou par l'utilisation de pompes et tuyaux.

La fermentation alcoolique est la phase la plus importante de la vinification, la phase où, sous l'action des levures, les sucres se transforment naturellement en alcool. Il est important de bien gérer la température de cuverie pour cette étape. Le vin blanc nécessite une température entre 18°C et 20°C et le vin rouge une température entre 25°C et 30°C. La fermentation alcoolique est une étape qui dégage énormément de chaleur (cf. partie iii concernant la récupération de celle-ci), il faut donc pouvoir réguler la température de la cuve, une étape très consommatrice en énergie (cf. partie ii). En plus de la chaleur, la fermentation dégage aussi une grande quantité de gaz carbonique (cf. partie v). Le vin rouge, à la différence du blanc, passe par une double fermentation, alcoolique et malolactique. La deuxième fermentation se fait à une température entre 20°C et 22°C et permet de diminuer l'acidité du vin. Entre les deux fermentations, il y a une étape de décuvage, séparant ce qu'on appelle le vin de goutte du marc. Puis ce dernier est pressé, pour donner du vin de presse et du marc sec. Les deux vins (de goutte et de presse) sont par la suite assemblés.

Après ces phases de fermentation, il ne reste plus qu'à soutirer le vin pour le séparer du dépôt situé au fond de la cuve qu'on appelle la lie, il s'agit également d'un résidu à traiter (cf. partie vi). Le vin rouge obtenu est ensuite élevé en cuve ou en barrique pendant plusieurs mois minimums, alors que le vin blanc, avant de partir en élevage, doit subir une stabilisation tartrique, une phase où il faut abaisser la température du vin, ce qui demande beaucoup d'énergie.

Après l'élevage et après une étape de filtration, le vin peut enfin être mis en bouteille. Cette dernière étape demande de l'énergie, de l'air comprimé (et donc un compresseur) et elle demande aussi d'avoir un bon stock de matières sèches (bouteilles, bouchons, étiquettes, capsules, cartons, scotch etc...).

A travers cette explication du process de vinification, j'ai pu énumérer les différents flux mis en jeu, que je vais détailler dans les parties suivantes. Je n'ai pas évoqué l'eau mais elle a évidemment une énorme importance dans tout ce process, principalement en termes d'hygiène. La principale difficulté sur la gestion de ces flux est la forte saisonnalité des activités dans le chai. En effet les vendanges se

font mi-septembre sur une période d'environ deux semaines, cela marque le début de la vinification, qui elle, va durer, au maximum, deux mois. Ainsi, tous les flux d'un chai connaissent un pic de deux mois sur une année.

ii) Consommation énergétique

La consommation énergétique est très variable d'un chai à un autre. D'après une étude des chambres d'agriculture de la Bourgogne menée en 2012, cela peut aller de 5 à 325 kWh par hectolitre vinifié. La moyenne d'un chai vinifiant majoritairement du vin rouge est de 143 kWh/hl et de 45 kWh/hl pour du vin blanc. La tendance est déjà légèrement à la baisse depuis 10 ans mais le prix de l'énergie augmente. Dans le Val de Loire, le vin blanc a plus de succès que le vin rouge (F. Veilex, présidente du vinOpôle, Comm. Pers.), on peut donc estimer que pour un chai produisant à la fois du vin rouge et du vin blanc, la moyenne se situe autour de 65 kWh/hl. Dans le chai, c'est principalement de l'énergie électrique qui est consommée (autour de 90% d'après la société Lamouroux si l'électricité est utilisée pour la thermorégulation), le reste est sous forme d'énergie thermique (à partir de gaz naturel, fioul, bois etc.) pour le chauffage ou la production d'eau chaude sanitaire. Dans la majorité des exploitations, l'électricité est puisée directement sur le réseau électrique français au prix d'un abonnement.

Le tableau ci-dessous détaille la répartition de la consommation énergétique dans un chai. Le poste le plus consommateur est de loin celui concernant la phase de fermentation alcoolique. C'est une phase nécessitant une thermorégulation très importante de la cuverie, elle se fait soit d'ambiance (thermorégulation de la pièce entière), soit cuve par cuve, la deuxième solution est beaucoup moins consommatrice car la régulation est beaucoup plus localisée. Un autre poste très consommateur est celui du conditionnement, avec des zones de stockages dont les températures doivent être maîtrisées également.

	Répartition de la consommation énergétique	Les différents postes
	4,50%	Réception du raisin et extraction
	41,60%	Fermentation alcoolique
	6,30%	Pressurage
	7,50%	Stabilisation
	20,40%	Mise en bouteille, stockage et livraison
	6,30%	Eclairage
	13,40%	Autres
Total	100%	

Tableau 1 : Répartition de la consommation énergétique pour la vinification

Auteur : Alexis Marquer

Source : Lamouroux, 2018

Les variations de consommation énergétique suivant les chais sont importantes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela.

Premièrement il y a un effet d'échelle. Les petites exploitations avec une petite production de vin vont très souvent consommer plus d'énergie à l'hectolitre de vin produit.

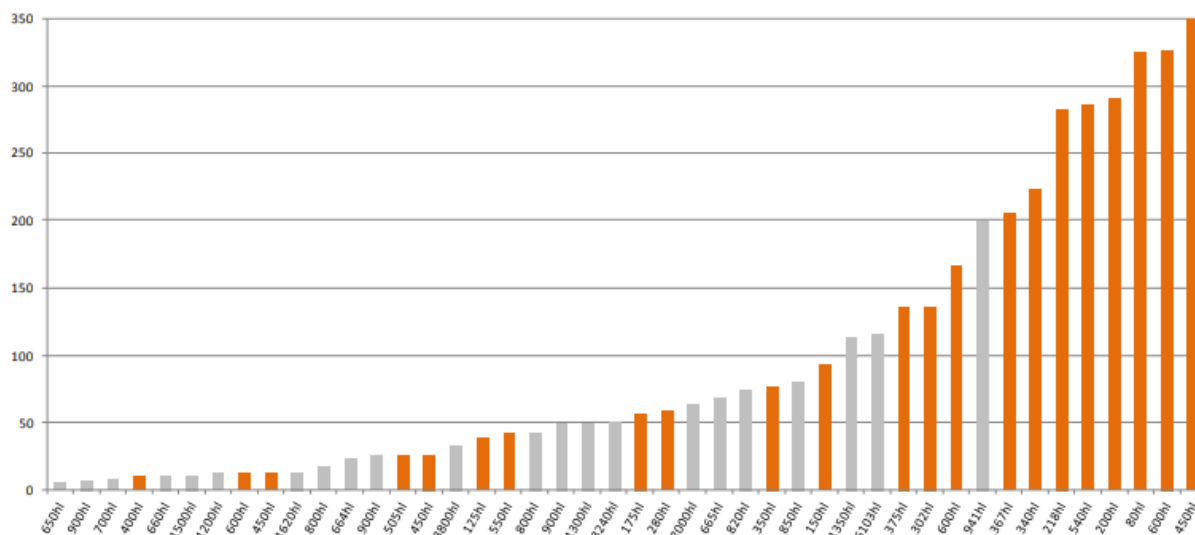


Figure 8 : Consommations d'énergie en kWh/hl en fonction de la taille de l'exploitation

Source : Chambres d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté, 2012

Ce graphique nous montre cet effet d'échelle avec, en orange, les exploitations produisant 600hl ou moins. En ordonnée, on retrouve la consommation énergétique en kWh/hl et les données en abscisse sont triées de façon croissante suivant cette consommation. Ainsi, on voit bien que la majorité des petites exploitations (en orange) tendent vers la droite du graphique, qui regroupe les exploitations les plus consommatrices. L'effet d'échelle est donc bien visible, et c'est pour cette raison qu'il peut être très intéressant d'avoir une zone de production mutualisée avec le Village Vigneron.

De plus, si on reste d'un point de vue production, on voit bien dans les chiffres que suivant si la vinification est en blanc ou en rouge, l'énergie consommée n'est pas la même, le vin rouge nécessite bien plus d'énergie. Le nombre d'appellations entre aussi en compte car cela fait varier le nombre de cuves nécessaires, et en thermorégulation cuve par cuve, la consommation peut vite augmenter.

Deuxièmement, on a vu que le conditionnement représentait une grande part de la consommation d'énergie, donc suivant le mode de conditionnement il peut y avoir des différences, par exemple, une mise en bouteille au chai demande beaucoup d'énergie, c'est une consommation qui pourrait être évitée avec une vente au négoce.

Ensuite, le contrôle de la température est également facteur très important. La thermorégulation du bâtiment tout entier est fortement consommateur, bien plus que la thermorégulation cuve par cuve. De plus, les besoins thermiques ne sont pas les mêmes pour toutes les exploitations, il est possible de le diminuer suivant la conception du chai. En effet, un chai enterré ou semi-enterré demande moins d'énergie, après un chai hors-sol peut très bien être performant en utilisant des matériaux très isolants. De plus, un chai bien dimensionné (des ateliers bien densifiés et pas de mètre carré superflu) limite les dépenses énergétiques. On s'aperçoit que les chais construits plus récemment sont moins énergivores, On peut d'ailleurs remarquer facilement une prise de conscience écologique dans la construction des nouveaux chais.

Le dernier point, justement, est la sensibilisation des viticulteurs. C'est un facteur très important qui peut expliquer certaines différences de consommation suivant les exploitations. Un viticulteur averti va mieux maîtriser ses consommations et va faire plus d'efforts pour adopter certaines bonnes méthodes économes.

iii) Production énergétique

- Panneaux solaires photovoltaïques et thermiques

Un panneau solaire est dit photovoltaïque lorsque qu'il contient des cellules photovoltaïques, les matériaux de celles-ci, principalement produits à partir de silicium, sont capables de transformer l'énergie solaire en électricité. Un panneau solaire thermique utilise également l'énergie solaire, mais grâce à des cellules thermiques et à un fluide caloporteur, elle est transformée en énergie thermique pour de l'eau chaude sanitaire ou du chauffage. Le rendement d'un panneau thermique est plus élevé car il vient seulement récupérer la chaleur du soleil, sans aucune transformation.

Le principal avantage est que l'énergie solaire est inépuisable, c'est aussi une source d'énergie « décarbonée ». Bien qu'inépuisable, la production reste, tout de même, très variable car elle est complètement dépendante du soleil, et en hiver la production est moindre. Ces panneaux sont fiables et ont une durée de vie d'environ 25-30 ans.

Si on parle d'argent, le photovoltaïque est un système rentabilisé au bout de 15 ans en moyenne avec un investissement qui est aux alentours des 2500€ pour un kWc (kilowatt-crête, c'est la puissance de l'installation, un kWc produit environ 1000 kWh). Quant au thermique, la rentabilité intervient plus tôt, en moyenne 10 ans, et l'installation coûte environ 1000€ par m². (Sebastien, 2023)

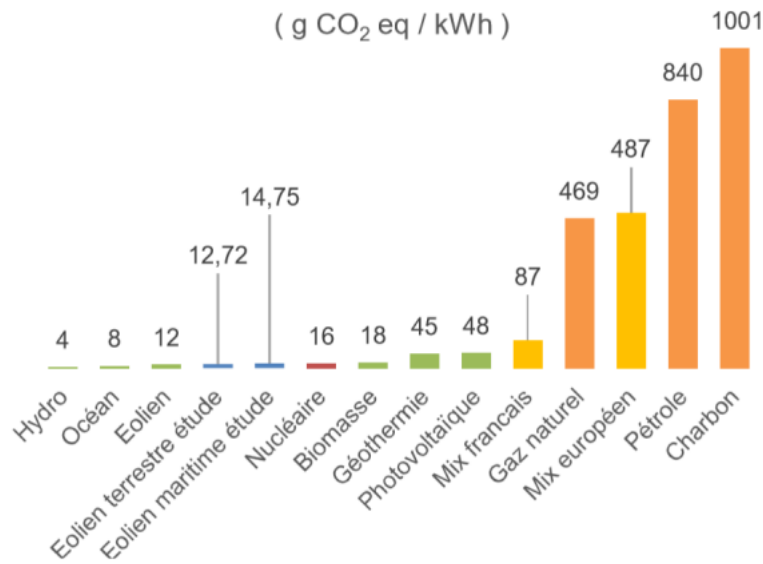
Enfin, il est important de s'attarder sur l'analyse de cycle de vie (ACV) des panneaux solaires. L'ACV permet de faire un bilan environnemental complet d'un produit, en prenant toutes les étapes de son cycle de vie. Les étapes sont détaillées sur l'image ci-dessous (figure 10). Le calcul est très intéressant à effectuer sur les productions d'énergie, notamment celles que l'on dit « décarbonées ».



Figure 9 : Schéma représentant le cycle de vie d'un bien

Source : ADEME, 2018

D'après l'ADEME et le graphique ci-dessous, les panneaux photovoltaïques émettent 48 gCO₂eq/kWh. Une valeur assez élevée en comparaison avec les autres énergies renouvelables, et qui s'explique principalement par une utilisation très importante de silicium. Cette valeur diminue au fil des années car les panneaux ont un rendement qui s'améliore, et les panneaux sont de plus en plus recyclables. Quant au temps de retour énergétique, qui est le ratio entre l'énergie totale consommée lors du cycle de vie et l'énergie produite en une année, pour les panneaux photovoltaïques, il est d'environ un an et demi.

Figure 10 : Émissions de CO₂ par kWh des différentes énergies

Source : ADEME, 2015

- Eolienne

Une éolienne, grâce à ses pales et son générateur, transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis en énergie électrique. Le grand avantage de l'énergie éolienne est qu'elle est naturelle, renouvelable et inépuisable. De plus, son emprise au sol est très faible, ce qui laisse un terrain toujours exploitable pour des activités industrielles et agricoles. Enfin, elle peut s'adapter aux besoins de nombreux projets par sa hauteur ou son diamètre.

Néanmoins, la production reste très variable selon le vent (le rendement sera meilleur en hiver). Le gros inconvénient de l'éolienne reste son intégration dans l'environnement, les zones de développement sont limitées, cela peut représenter une nuisance sonore et visuelle, ou même un danger pour les oiseaux.

Au niveau du financement, l'installation coûte environ 5000€/kW. Et concernant les aides, elles ne sont pas très nombreuses pour les nouveaux bâtiments, on va retrouver des aides par les collectivités locales ainsi qu'un taux de TVA réduit à 10% (Ravaloson, 2023).

Enfin, si on regarde l'ACV (figure 11), l'éolien est l'un des meilleurs élèves avec une émission de seulement 12 gCO₂eq/kWh, soit 4 fois moins que le photovoltaïque. Et son temps de retour énergétique est de moins d'un an. Le démantèlement d'une éolienne est possible et assez facilement réalisable, mais le recyclage des pales est encore difficile.

- Méthaniseur

La méthanisation est un processus de décomposition de la matière organique par des bactéries dans une cuve (digesteur) en condition anaérobie (absence d'oxygène). Cela crée du biogaz (composé de CH₄ et CO₂ principalement) ainsi que du compost avec le digestat restant. Le biogaz peut être transformé en électricité, en chaleur, ou même en carburant. Selon l'ADEME, le principal avantage de cette méthode de production est qu'il offre une double valorisation de la matière organique et de l'énergie, et elle permet également de réduire la quantité de déchets à traiter. Néanmoins, pour que le

rendement soit bon, il faut une fréquence d'alimentation quasi quotidienne, ainsi qu'un entretien et une maintenance minutieux.

Un méthaniseur coûte entre 5000 et 10000€ par kW avec un entretien annuel à hauteur de 5% de l'investissement. Un retour sur investissement peut être espéré à partir de 15 ans. Il y a régulièrement des campagnes d'appels à projet concernant la méthanisation, avec des aides provenant de l'ADEME, de la région ou encore de banques.

- Pompe à chaleur

La pompe à chaleur (PAC) est une solution de chauffage bien plus respectueuse de l'environnement que les systèmes classiques car la source d'énergie de la PAC est renouvelable. Il y a différents types de pompes à chaleur, suivant si les calories sont puisées dans l'air, l'eau ou la terre. Ces calories permettent de chauffer un intérieur grâce à un système où circule un fluide frigorigène avec un compresseur et un détendeur. Le compresseur nécessite tout de même de l'électricité pour fonctionner. Le coefficient de performance (COP) d'une PAC se situe autour de 3, ce qui signifie que pour 1 kWh d'électricité produit 3 kWh de chaleur, le système est donc trois fois plus rentable qu'un système de chauffage entièrement électrique.

L'avantage majeur, selon Engie, d'une pompe à chaleur est sa polyvalence. Elle peut être réversible pour refroidir au lieu de chauffer, elle peut s'adapter à de nombreux émetteurs (plancher chauffant, ventilo-convecteur, etc...), elle peut aussi produire l'eau chaude sanitaire. Néanmoins, si on s'intéresse aux inconvénients, il peut être nécessaire de prévoir une isolation acoustique à l'extérieur, la PAC peut également perdre en efficacité lors de grandes chaleurs (+35°C) ou de grands froids (-10°C) et enfin, dans le cas d'une PAC air-eau, des grands travaux sont à prévoir.

Au niveau des prix, toujours selon Engie, pour une PAC air-air, il faut compter environ 8000€, et pour une PAC air-eau, 11000€. Cette dernière offre de meilleures performances par temps très froid, et une distribution de chaleur plus uniforme, mais la maintenance est plus importante.

- Récupération de chaleur fatale

L'industrie est un secteur qui est fortement consommateur en énergie, mais une grande partie de cette énergie est perdue sous forme de chaleur, on l'appelle chaleur fatale. Viens alors l'idée de capter cette énergie, grâce à un échangeur thermique, pour pouvoir la réutiliser afin d'améliorer grandement la rentabilité, que ce soit au niveau économique, écologique et même au niveau performance du process. A partir de la chaleur fatale, il y a plusieurs possibilités de production. La plus courante est de produire directement de la chaleur (soit par utilisation directe, soit par une pompe à chaleur), on peut aussi produire du froid (par un groupe froid à absorption par exemple). Le stockage est possible notamment via ballon d'eau chaude.

Pour commencer, il faut identifier les opportunités de récupération de chaleur dans le projet. Dans un chai, on retrouve notamment un potentiel sur le groupe de froid, le compresseur d'air, la fermentation alcoolique/malolactique ou encore sur les eaux usées. Les deux derniers potentiels cités sont difficiles à mettre en place, car lors des fermentations il y a déjà une captation du CO₂, et sur les eaux usées il faudrait un débit beaucoup trop élevé.

Concernant le financement, l'accès au Fonds Chaleurs de l'ADEME n'est pas possible pour les projets valorisant moins de 1 GWh/an. Néanmoins, des Certificats d'économie d'énergie (CEE) ainsi que des guichets de subvention peuvent être attribués, sous certaines conditions. De cette manière, le

financement peut être couvert de 30% à 80%. Le temps de retour sur investissement des dispositifs de récupération de chaleur est en moyenne de 1 à 3 ans.

iv) Gestion de l'eau

Une enquête sur la consommation d'eau dans les chais viticoles est réalisée par Mme Thaunay, de la chambre d'agriculture d'Indre et Loire, auprès des vignerons de la région. J'ai pu avoir accès aux premières réponses des vignerons afin de réaliser une première analyse.

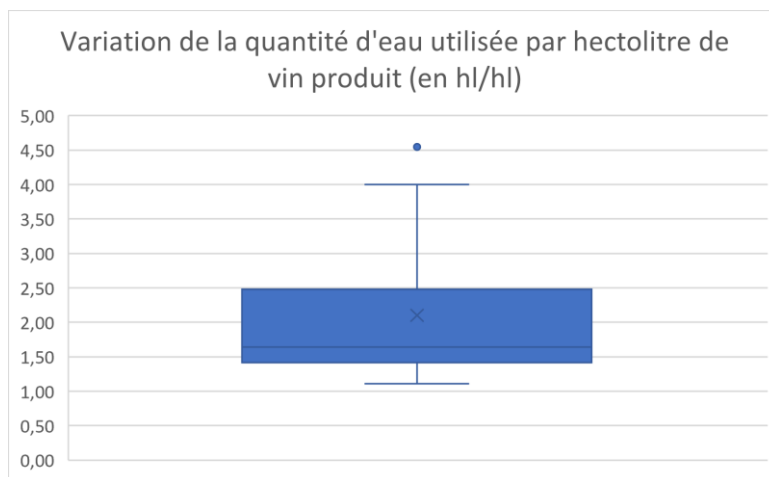


Figure 11 : Diagramme de la quantité d'eau utilisée par hectolitre de vin produit

Auteur : Alexis Marquer

Source : Mme Thaunay, Chambre d'agriculture 37

La quantité d'eau utilisée varie entre 1,11 hl et 4,55 hl par hectolitre de vin produit. La moyenne est de 2,10 hl et l'écart-type est à environ 1. Ces chiffres confirment ceux que j'ai pu trouver au cours de mes recherches ou ceux que j'ai pu entendre en discutant avec des gens du milieu. D'après Desseigne (2019), l'utilisation principale de l'eau relève de la question de l'hygiène (entre 70 et 90%). Il dit également que plusieurs facteurs, autres que la production de vin rouge ou de vin blanc (le vin rouge nécessite plus d'eau que le vin blanc), peuvent expliquer la grande variation suivant les chais.

Le premier est d'abord un effet d'échelle. Même si la consommation dans l'absolu est plus importante, en termes de ratio par rapport à la production, les grandes exploitations produisant une grande quantité de vin sont bien souvent meilleures que les petites exploitations. La surface à nettoyer d'une seule cuve de 600 hl est bien moins importante que la surface de 10 cuves de 60 hl. De plus, la maîtrise des consommations est plus simple à grande échelle car les procédés peuvent être continus ou plus long.

Le deuxième est le manque de connaissance et de sensibilisation. Un compteur indiquant la consommation annuelle n'est pas suffisant, et même si la facture montre que la période des vendanges et des vinifications est la plus consommatrice, cela ne permet pas d'agir. Ce qui serait intéressant serait d'avoir des compteurs par atelier, voire par équipement avec des relevés réguliers, cela permettrait de vraiment identifier les différents postes sur lesquels il y a de la marge, et également, cela permettrait de réaliser plus facilement des expérimentations pour repérer les bonnes et les moins bonnes techniques. Cela pourrait également développer la sensibilisation du personnel, ce qui est primordial. Le personnel étant au premier plan concernant la consommation d'eau, il est très important qu'ils connaissent les bonnes pratiques et qu'ils les adoptent. Parmi les bonnes pratiques : faire attention aux

fuites, aux robinets ouverts inutilement, utiliser des raclettes pour évacuer les déchets au sol plutôt que de les pousser à l'eau, rincer les équipements directement après utilisation pour limiter l'adhésion de la crasse. Ces pratiques pourraient réduire les consommations de 10 à 20%. Un lavage à l'eau chaude (qui est encore sous-utilisé par rapport à l'eau froide) et à haute pression va également réduire la quantité d'eau consommée car il sera plus efficace.

Le troisième facteur est l'optimisation des procédés. Il y a des marges de progression importantes sur l'utilisation des différents équipements (presseur, filtre, pompe...). L'élevage en fûts serait également plus consommateur. Concernant le nettoyage, des centrales de nettoyage en place (NEP) peuvent permettre une réduction importante de la consommation d'eau. Le recyclage et la réutilisation de l'eau dans certains procédés sont aussi des leviers importants.

Un quatrième facteur est la modification de certains procédés. Cela va souvent être plus coûteux à mettre en place. On va privilégier des procédés continus qui nécessiteront moins de lavages, ou même directement des procédés qui n'utilisent pas d'eau.

Enfin, le matériel utilisé par rapport à sa nettooyabilité et la conception du chai est aussi un facteur de variabilité. Pour le matériel et notamment les cuves, quelques points sont assez évidents : avoir une surface lisse, une vidange simple, pas de points morts, pas d'angles vifs, une accessibilité facile pour le personnel... En termes de matière pour les cuves, l'acier inoxydable finition 2R (recuit brillant) permettrait d'économiser 50% d'eau pour le nettoyage des cuves. Quant à la conception du chai en lui-même, il faut le dimensionner de façon que la surface ne soit pas trop grande par rapport aux besoins, il faut un sol lisse, une double pente efficace, un accès aux différents recoins etc...

Un autre facteur auquel il faut penser est la présence ou non de récupérateurs d'eau pluviale. L'hypothèse étant qu'avoir un récupérateur permet de diminuer sa facture d'eau. Je me suis basé sur l'enquête de Mme Thaunay pour vérifier cette hypothèse car plusieurs vignerons en possèdent. J'ai ainsi relié les consommations à l'utilisation ou non de l'eau de pluie. Après avoir remarqué que l'impact des récupérateurs sur la consommation globale était faible, j'ai séparé les consommations viticoles et les consommations vinicoles. Il faut savoir que la proportion d'eau utilisée pour le chai (donc vinicole) est supérieure à celle utilisée pour les activités viticoles, environ 65% contre 35% d'après l'enquête.

Récupérateur eau pluviale ?	Moyenne de consommation eau vini en hl par hl vin produit	Moyenne de consommation eau viti en hl par hl vin produit
NON	1,33	1,04
OUI	1,54	0,43

Tableau 2 : Impact du récupérateur d'eau pluviale sur la consommation d'eau

Auteur : Alexis Marquer

Source : Mme Thaunay, Chambre d'agriculture 37

Le tableau ci-dessus montre les moyennes de consommation d'eau en hl par hl de vin produit, avec d'un côté, l'activité vinicole, et de l'autre, l'activité viticole. Ces résultats montrent qu'avoir un récupérateur d'eau pluviale permet de diminuer sa consommation sur les activités viticoles, mais pas sur les activités vinicoles. Cela s'explique par le fait que cette eau pluviale est principalement utilisée (du fait de la réglementation) pour l'irrigation des vignes, pour le nettoyage des machines viticoles. Mais le nettoyage du sol peut également être fait avec de l'eau de pluie, et cela pourrait permettre de belles économies.

D'un point de vue traitement de l'eau, les effluents, par le passé, étaient envoyés vers les stations d'épuration ou vers des fossés, ce qui entraînait une pollution importante (eutrophisation des cours d'eau par exemple). A partir de 1999, des règles se sont mises en place sur le traitement de ses

effluents. Des points de rejets doivent être installés, et l'eau doit être traitée pour respecter certaines mesures. J'ai expliqué précédemment les bases concernant le traitement de l'eau (cf. partie 3)a)ii)).

Pour traiter les effluents, plusieurs solutions existent. Selon une enquête menée en 2020 par Badey pour le projet Minimeau, 65% des sites sont raccordés à une station d'épuration communale. Ce système a deux principales limites : il n'y a pas de possibilité de réutiliser l'eau traitée, et la saisonnalité des activités vitivinicoles (grosse activité sur environ 2 mois) surcharge les stations qui ne sont pas adaptées. Une solution beaucoup plus vertueuse serait donc d'avoir une station individuelle mais le prix est très difficile à assumer seul, donc certains vignerons se regroupent, en CUMA par exemple, pour avoir une station collective (exemple de la CUMA BEL). Et avoir cette station collective à côté de l'exploitation permet de réutiliser l'eau pour soi plus facilement.

v) Production de CO2

D'après différentes études sur le bilan carbone du secteur viticole, la production d'une bouteille de vin émet entre 1kg et 3kg de CO2 dans l'atmosphère (Potevin, 2022). Le bilan carbone est détaillé ci-dessous (Tableau 1) :

BILAN CARBONE			
Dans la vigne	Carburant pour les tracteurs et machines	16%	36%
	Déplacements des salariés	12%	
	Produits phytosanitaires	5%	
	Pieds et fils en aluminium	3%	
Dans le chai	Emission de CO2 durant la fermentation	14%	25%
	Déplacements des salariés	6%	
	Electricité des machines et isolation du bâtiment	5%	
Dans le verre	Bouteilles de vins en verre	21%	39%
	Transport routier avec les clients	10%	
	Packaging en carton	5%	
	Electricité pour le stockage du vin en cave	2%	
	Bouchons en plastique	1%	
		TOTAL :	100%

Tableau 3 : Bilan carbone du secteur viticole

Auteur : Alexis Marquer

Source : Potevin, 2022

Il faut analyser les différents leviers sur lesquels on peut agir. Si on se concentre sur la production de CO2 dans le chai, on s'aperçoit dans le tableau qu'elle ne représente que 25% du bilan carbone. Les deux principaux postes d'émission dans le chai correspondent à la fermentation alcoolique et à l'énergie liée au fonctionnement du chai (pressoirs, cuves, isolation, etc...).

Pour ce qui est du fonctionnement du chai, l'idée dans le Village Vigneron est de produire une énergie verte et « décarbonée ». Il y a donc possibilité de réduire sensiblement cette part. De plus, cette énergie produite pourrait également avoir d'autres utilisations dans un futur plus ou moins lointain, notamment pour les machines agricoles qui représentent 16% du bilan carbone. On peut imaginer d'ici plusieurs années des tracteurs électriques ou des machines fonctionnant au biométhane.

Intéressons-nous maintenant à la fermentation alcoolique, qui est à l'origine de 14% du bilan carbone du vin. Lors de ce processus, le moût dégage de la chaleur et du CO2, et on estime, après

calcul, que la fermentation correspondant à un hectare de vigne (7000 bouteilles) produit environ une tonne de CO₂. Cela correspond à la quantité de CO₂ qui s'est fixé sur la vigne par photosynthèse. Cette quantité est importante mais elle ne peut pas être réduite car elle fait partie du processus. Néanmoins il est important d'essayer de la valoriser, que ce soit pour des raisons environnementales (s'inscrit dans le principe d'économie circulaire), ou des raisons de sécurité.

En effet, les intoxications au CO₂ dans les chais viticoles sont très dangereuses pour la santé, elles conduisent au décès de quelques personnes chaque année. D'après un article de 2012 sur le blog e-viti, un taux de CO₂ dans l'air à 10% représente un risque mortel, et même à un taux de 3%, il ne faut pas respirer cet air plus de 15 minutes. Une ventilation efficace et fonctionnelle est donc obligatoire pour assurer la sécurité. Pour cela il faut un renouvellement d'air via l'extérieur avec des VMC double flux qu'il faut installer près du sol car le CO₂ est plus lourd que l'air. Il faut également ventiler les cuves vides. Un système de détection automatique du taux de CO₂ pourrait être mis en place.

Une solution plus sécurisée est de capter ce CO₂ pour éviter qu'il se libère dans la pièce. Les émissions sont plutôt bien localisées et assez facilement neutralisables. L'idée est de le contrôler pour, soit pouvoir s'en débarrasser facilement, soit pouvoir s'en débarrasser tout en le valorisant pour un autre processus. Pour le libérer dans l'air uniquement, cela ne nécessite pas de gros moyen et dans l'idéal il faudrait que tous les chais puissent mettre en place cela, au moins pour les raisons de sécurité qui sont évoquées plus tôt. Le CO₂ serait alors capté dans la cuve avec un système de tuyaux et de soupapes pour éviter une surpression.

L'idée serait tout de même pouvoir le réutiliser, le recycler d'une certaine manière. Cela peut être de façon directe simplement en l'envoyant dans une cuve pour inérer celle-ci ou pour effectuer un remontage. Certains systèmes existent déjà comme OresteO qui traite et compresse le gaz carbonique à 10 bars et le réutilise pour la vinification ou encore le système Galileo qui lui est ressemblant. Une autre solution pourrait de l'associer à son eau de rinçage, elle améliore la qualité de l'eau, le nettoyage est plus efficace et donc la quantité d'eau utilisée peut ainsi être réduite, le procédé Ecobulles explique ce principe. Néanmoins il faut étudier la rentabilité pour un usage propre et à destination de la filière viticole.

Sinon il peut être traité et transformé en bicarbonate de sodium, Alcion Environnement (filiale de Sede Veolia) le permet avec son procédé Valecarb. Ce bicarbonate est souvent vendu à des filières intéressées comme la cosmétique par exemple. Mais le circuit peut alors être long et donc la rentabilité environnementale n'est plus forcément très intéressante. De plus l'investissement est très lourd pour une rentabilité qui a lieu seulement pendant la courte période de fermentation. Il faudrait essayer d'utiliser le bicarbonate sur l'exploitation, cela pourrait être possible pour une utilisation en tant que substance de base pour la protection des vignobles, ou comme détergent pour le nettoyage des chais. (Lévêque, 2020)

Hors du chai, le circuit court est à privilégier, une solution pourrait être de travailler en collaboration avec des serristes ou des céréaliers qui, pour la majorité, importent leur CO₂ de l'extérieur avec des camions imposants etc... Le CO₂ issu de la fermentation, ainsi que de la méthanisation, est biogénique, c'est-à-dire qu'il est neutre pour le changement climatique car issu d'un cycle court du carbone. On aurait donc un marché gagnant-gagnant, que ce soit écologiquement ou économiquement, et cela augmenterait la compétitivité des filières. D'ailleurs, dans le bassin Val de Loire, la surface de serres chauffées est en augmentation (A. Duclouet, IFV, Comm. Pers.).

Ce CO₂ doit alors pouvoir se stocker. Cette partie sera aborder plus loin.

vi) Résidus de la vinification

Lors de la vinification, plusieurs résidus apparaissent. Je les ai cités plus haut, on retrouve des rafles, des marcs, des bourbes et des lies. Actuellement, une grande partie de ces déchets organiques sont conservés et envoyés dans des distilleries voisines pour la production d'eau de vie, ils peuvent également être livrés à une unité de méthanisation ou à un centre de compostage.

Attention, le contrôle sur les lies et les marcs est très précis. Pour des raisons qualitatives, le surpressage des raisins est interdit donc les marcs et les lies doivent être éliminés avec un degré d'alcool minimum. De plus, si une exploitation possède sa propre unité de méthanisation, seuls les marcs peuvent y être valorisés. Il y a aussi possibilité d'épandre les marcs, mais seulement après études, plans d'épandage etc... (FranceAgriMer, 2014).

vii) Matières sèches

Afin d'assurer le conditionnement du vin, il y a besoin d'acheter des matières sèches auprès d'un fournisseur. Cela correspond notamment aux bouteilles, capsules, étiquettes, bouchons, cartons, palettes, etc... Tous ces éléments doivent pouvoir être stockés dans un endroit sec. La quantité dépend du nombre d'hectolitre produit. Si on prend un chai qui produit 500 hl, on peut estimer un besoin d'environ 45000 bouteilles en partant du principe qu'environ 350 hl de vin est mis en bouteille et que le reste est soit en vrac négoce, soit en cubi (Bag in box). Le prix de la bouteille simple est de 24 centimes, et le prix de la bouteille avec tous les éléments qui l'accompagnent (étiquette, bouchon, capsule...) est de 66 centimes (VinOpôle, 2019c). Pour un chai de 500 hl, il faut donc compter environ 30000€ pour le conditionnement en bouteilles.

Les déchets provenant des matières sèches sont recyclables. Ils sont alors stockés dans une zone à l'abri afin d'être récupérés et envoyés vers une plateforme de recyclage.

c) Plan

i) Objectif

À l'issue de ce stage, le principal livrable qui m'était demandé était un plan d'aménagement du futur Village Vigneron. Un plan à l'échelle reprenant les différentes zones nécessaires au bon fonctionnement du Village. Les différentes contraintes doivent être prises en compte dans la confection de ce plan. De plus, tous les flux étudiés doivent être visibles, ainsi que les différents modules de production d'énergie.

Ce plan est très important car avec celui-ci, le projet prend tout de suite une dimension plus concrète. Il permet d'afficher les différentes solutions retenues, en tant que première proposition. Il donne également un très bon aperçu des dimensions, que ce soient des bâtiments, des modules de production, ou de tout ce qu'on peut trouver autour. Enfin, pour moi, ce plan représente une bonne manière de résumer tout mon travail de bibliographie, dont une partie qui n'était pas mise en forme, cela me permet d'y voir plus clair dans le projet.

ii) Outil utilisé

Afin de réaliser ce plan, je me suis rapidement tourné vers AutoCAD, un logiciel d'Autodesk. Il s'agit d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), il permet de dessiner, de concevoir ou de modéliser différents objets en 2D ou en 3D. J'ai choisi AutoCAD parce que je savais qu'il était possible d'y dessiner un plan 2D rapidement en respectant des dimensions précises. De plus, beaucoup de logiciels sont aujourd'hui payants, AutoCAD l'est également mais grâce à l'université de Tours, les étudiants ont accès à une clé de licence permettant d'installer et d'utiliser le logiciel gratuitement. Enfin, c'est un logiciel que j'ai déjà pu utiliser durant ma scolarité, une matière y était dédiée en 3ème année de la formation d'ingénieur aménagement et environnement, je ne partais donc pas de zéro sur le logiciel.

Ce dernier point est important parce que le logiciel n'est pas facile à prendre en main, je me souviens avoir rencontré quelques difficultés durant mes cours, et là durant ce stage il m'a fallu plusieurs heures pour retrouver la main, via quelques tutos ou anciens cours. Il faut faire le tri parmi toutes les options, toutes les fonctionnalités qui sont proposés par le logiciel, il n'y a pas besoin d'énormément d'outils pour faire un plan 2D. Mais une fois que ce travail est fait, on se rend compte de l'utilité du logiciel, avec des tracés très précis. Le point important à maîtriser pour avoir un plan clair et compréhensible est la gestion des calques. J'ai créé des calques pour chaque élément différent, de manière à pouvoir enlever ou ajouter rapidement des éléments du plan, c'est ce qui va me permettre de le présenter facilement dans la partie qui suit.

4) Présentation du plan d'aménagement du Village Vigneron

a) Présentation générale

Le Village Vigneron sera situé au 383 Avenue Emile Gounin, adresse où l'on retrouve actuellement le centre équestre du lycée agricole d'Amboise. J'ai été, avec mon maître de stage M. Duclouet, sur le terrain afin de voir concrètement la zone sur laquelle je travaille. C'est une étape importante dans un projet d'aménagement car on se rend mieux compte des dimensions, de l'environnement au niveau de la parcelle mais aussi de tout ce qui l'entoure. On a pu également voir la hauteur d'une butte sur la parcelle que la présidente du vinOpôle Mme Veilex nous avait fait remarquer quelques jours avant. Cette butte fait environ 2m de haut, et l'idée de faire des chais semi-enterrés est venu de là.

Le plan de situation situé en-dessous permet de montrer les bâtiments existants, les parcelles cadastrales, ainsi que les différentes routes autour. La surface cadastrale est d'environ 28000 m² d'après géoportail. L'entrée sur le site se fait via l'Avenue Emile Gounin.

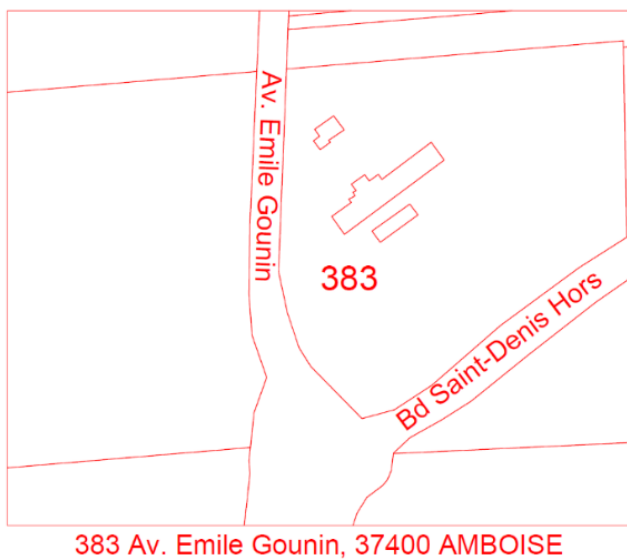


Figure 12 : Plan de situation

Auteur : Alexis Marquer

Source : Géoportail

Le projet de village vigneron, à travers sa zone de production mutualisée, a pour objectif primaire d'avoir des consommations très faibles, notamment au niveau énergétique et au niveau de l'eau. Il y a une vraie recherche de densification de la production, afin de moins consommer.

Afin d'estimer les besoins dans ce village, il est important de savoir le nombre de vigneron qu'il accueille, ainsi que les productions de vin de chacun. Les informations qui m'ont été données sont les suivantes : il y a 4 vigneron qui auront chacun entre 5 et 10 hectares de vignes. En sachant que le rendement maximal est de 60 hl/ha, on considère une production entre 500 et 600 hl pour chaque vigneron, ce qui fait entre 2000 et 2400 hl pour tout le village. On se base sur ces chiffres pour dimensionner le village et les différents systèmes qui le compose.

b) Présentation des éléments du plan

Le plan final du Village Vigneron est disponible en annexe (cf. Annexe 1), dans un objectif de clarté, je vais regrouper certains éléments en catégorie pour les présenter dans cette partie.

La zone au Nord-est du plan est laissée libre à la demande du lycée agricole d'Amboise qui souhaite une surface minimale de 2000 m² pour y construire son nouveau chai.

i) Zones liées à l'activité vinicole et accessibilité

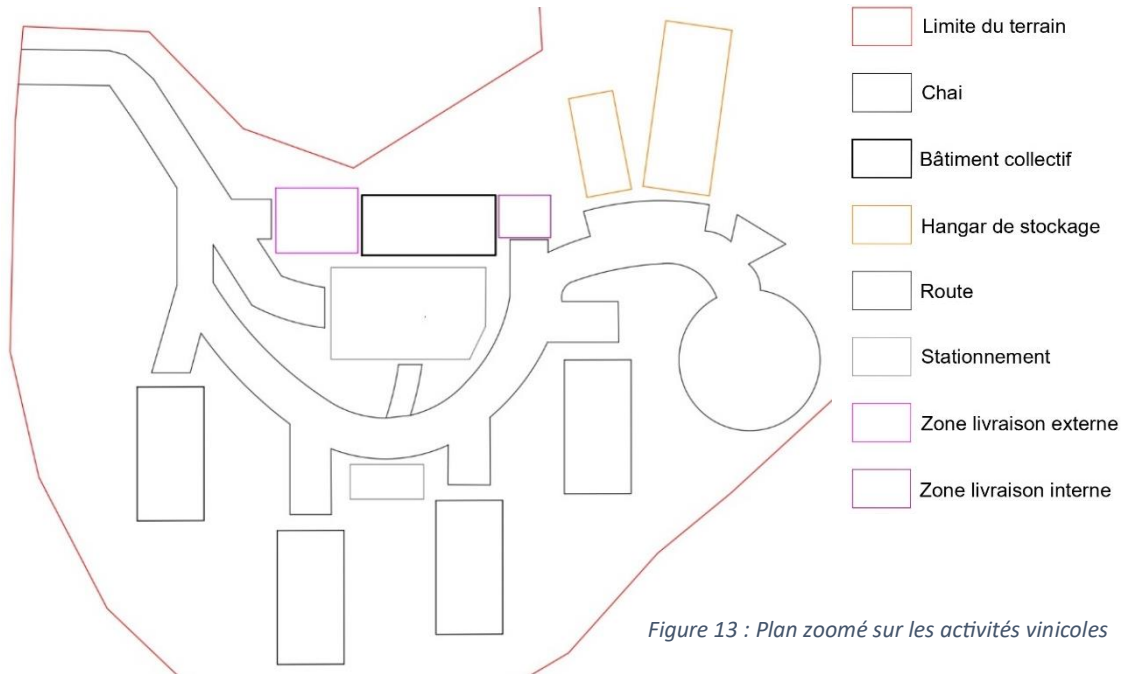


Figure 13 : Plan zoomé sur les activités vinicoles

Auteur : Alexis Marquer

Les quatre chais sont positionnés dans la partie sud du village, cette partie étant légèrement surélevée par rapport à l'entrée de la zone au nord. L'idée est que ces chais soient semi-enterrés pour réduire considérablement leurs factures d'énergie. La pente n'est pas assez forte donc des travaux importants sont à prévoir. De plus, si les chais sont orientés de cette façon, c'est pour que la zone de dépôt du raisin soit orientée plein nord, ainsi les raisins sont protégés du soleil et d'une potentielle dégradation avant vinification. Cela faisait partie des contraintes communiquées par les vigneron, il faut un auvent de 60 m² pour amener le raisin. Le bâtiment au total doit avoir une surface de 200 m² avec une grande porte à l'entrée de 3m de long et 3,5m de haut et pas de fenêtre (hublots de toit acceptés). Les chais peuvent s'inspirer du domaine du Mortier concernant les matériaux utilisés, avec de la paille, de la ouate de cellulose et des panneaux de bois. Tous ces matériaux sont de très bons isolants, avec un rapport qualité-prix excellent.

Concernant le bâtiment collectif, il a une emprise au sol de 180m², avec un rez-de-chaussée et un sous-sol. Au rez-de-chaussée, on retrouve un espace de vie commune (salle à manger, cuisine, sanitaires) de 50m², un espace administratif de 50m² avec des bureaux en coworking, une salle de réception/réunion d'environ 40m² et un magasin de 40m² également avec une ouverture sur le parking. Toutes ces pièces doivent être bien éclairées et vitrées. Quant au sous-sol, on y retrouve une salle de

dégustation de 30 m², un espace de stockage de 30m², et tout un espace conditionnement de 120m². Pour optimiser le conditionnement, le sous-sol est ouvert via deux grandes portes de chaque côté (ouest-est) afin d'être relié à un parking de livraison/collecte externe d'un côté (ouest, proche de l'entrée du village) et à une zone interne pour les vignerons qui viennent déposer leurs produits de l'autre côté.

Au nord-est de la zone, il y a deux hangars de stockage collectif. Ces bâtiments sont ouverts mais surveillés car ils ont vocation à stocker du matériel souvent très coûteux. Il y a un hangar de 100m² pour le matériel vinicole (pressoir de secours, cuves de rechange, filtre presse et tangiel, karcher...) et un hangar de 250m² pour les machines viticoles.

Afin de relier tous ces bâtiments, il est important de ne pas négliger la circulation et l'accessibilité à l'intérieur de la zone. C'est un point clé pour assurer l'activité du village. J'ai maintenu la largeur de l'entrée actuelle pour tout le village, soit environ 6m. Cette largeur permet ainsi un croisement de deux camions, même si dans l'idéal il faudrait pouvoir éviter cela en tenant un calendrier précis. Une aire de retournement pour les véhicules imposants est prévue à l'extrémité du village, elle respecte les cotes minimales avec un cercle de 20m de diamètre (Smirgeomes, 2019) et permet un retournement sans manœuvre. Enfin, des espaces de parking sont nécessaires, notamment pour les clients. Il y a un espace de plus de 300m² qui est réservé à cette occasion devant le bâtiment collectif. Un autre petit espace, plus en retrait et de 60m², est lui réservé aux viticulteurs.

ii) Production énergétique

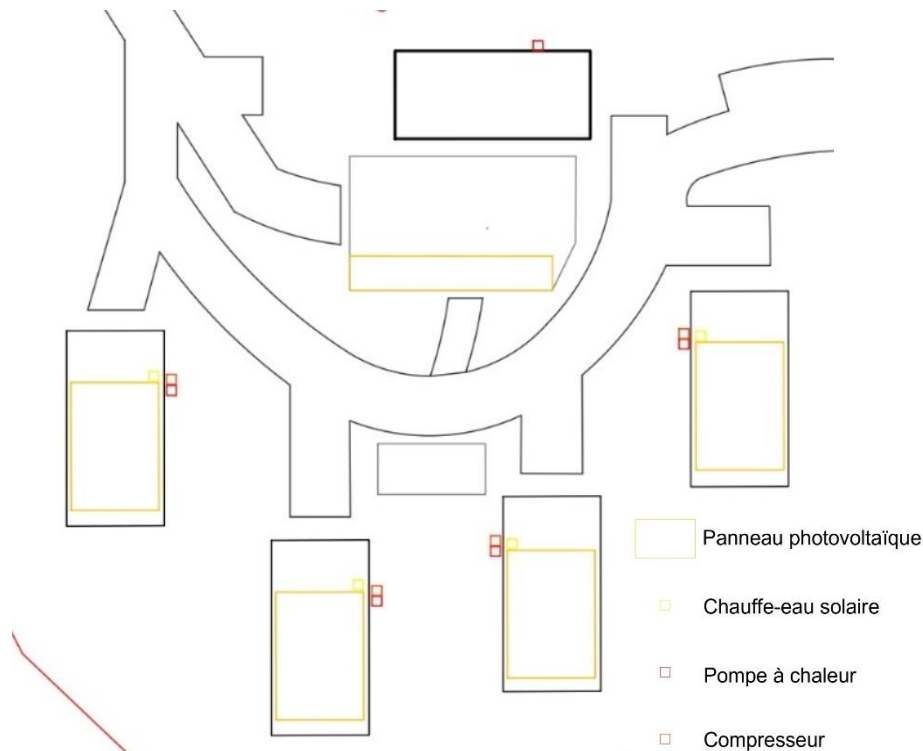


Figure 14 : Plan zoomé sur la production énergétique du village

Auteur : Alexis Marquer

Du fait de sa conception bioclimatique, avec une isolation de grande qualité, les chais du village sont peu consommateurs. En se basant sur différents chiffres que j'ai pu voir sur les consommations énergétiques d'un chai (cf. figure 8), j'ai fixé une consommation de 30 kWh/hl, qui, selon moi, est un objectif intéressant et facilement atteignable. Ainsi la consommation totale d'un chai sur une année est située entre 15000 kWh et 18000 kWh. En multipliant par 4, on est à environ 65000 kWh/an.

Concernant la consommation du bâtiment collectif, elle va provenir principalement du conditionnement. En reprenant le tableau 1 de ce rapport, on obtient une valeur de 3600 kWh qu'on arrondit à 5000 kWh car l'espace est très grand étant donné qu'il doit assurer les fonctions pour quatre chais. En considérant les autres nombreuses petites dépenses énergétiques, on prend la valeur arbitraire de 10000 kWh pour la consommation totale de ce bâtiment sur une année.

Pour pallier toutes ces consommations, on va se reposer en majorité sur l'énergie solaire. Ainsi, sur chaque chai, 118 m² de panneaux solaires vont être disposés sur le toit (dont 10 m² de panneaux thermiques), orientés sud et inclinés à 25° environ. Et sur le parking du bâtiment collectif, 70m² de panneaux photovoltaïques sont installés sous forme d'ombrières. Cette surface a été calculé pour que les panneaux produisent, respectivement environ 18000 kWh et 10000 kWh. Le calcul est réalisé à partir de cette formule provenant d'un cours de ma formation :

$$E=S*\rho*\gamma$$

Avec un rendement ρ d'environ 12 % et un gisement solaire γ d'environ 1200 kWh/m²/an en Touraine.

Même si l'activité vinicole coïncide assez bien avec le soleil, la possibilité d'être autonome ici est impossible sans une possibilité de stockage de l'énergie. Il faudrait soit utiliser des batteries qui sont polluantes, soit un système d'accumulateur cinétique mais qui est encore complexe et présente de nombreuses pertes.

Concernant les panneaux thermiques (10 m² sur chaque chai), ils vont servir pour la production d'eau chaude sanitaire. Ces 10 m² ont été décidé après analyse des besoins en eau chaude. Pour chaque chai, le besoin annuel d'eau est de 1200hl (valeur expliquée dans la partie suivante sur la gestion de l'eau). Il faut dimensionner le système pour la période des vendanges/vinifications. En prenant des valeurs assez larges, on considère que 70% de la consommation d'eau annuel provient lors de cette période, soit 840hl. L'utilisation d'eau froide est majoritaire par rapport à l'eau chaude, mais pour utiliser moins d'eau, il faudrait viser une utilisation 50/50. Ainsi lors de cette période, les besoins en eau chaude sont d'environ 420hl, cela correspond à environ 840 litres par jour (en prenant 50 jours de grosses activités). Il faut donc une cuve de cette taille. En région Touraine, d'après l'entreprise Effy, il faut prévoir environ 10 m² de panneaux thermiques pour chauffer, ou préchauffer, une telle quantité d'eau, et cela coûterait environ 14000€ (entre 950€ et 1800€ par m²). Avec ce système, on peut atteindre une couverture de 60% des besoins en eau chaude.

Pour compléter ce système, on installe une pompe à chaleur air-eau réversible dans chaque chai et dans le bâtiment collectif. Celle-ci offre la possibilité d'être utilisé à toute période de l'année pour la thermorégulation de la cuverie. Elle peut aussi venir en appoint pour la production d'eau chaude sanitaire, notamment l'hiver où les panneaux thermiques sont moins efficaces. Dans le bâtiment collectif, la PAC air-eau aura à charge de réguler la température d'ambiance et de préchauffer l'eau chaude sanitaire.

Enfin, pour couvrir quasi totalement les besoins en eau chaude, et pour intervenir aussi sur la température du bâtiment, le chauffage peut être complété en appoint par l'échangeur thermique lié à la récupération de chaleur fatale sur le compresseur et la PAC.

iii) Gestion de l'eau

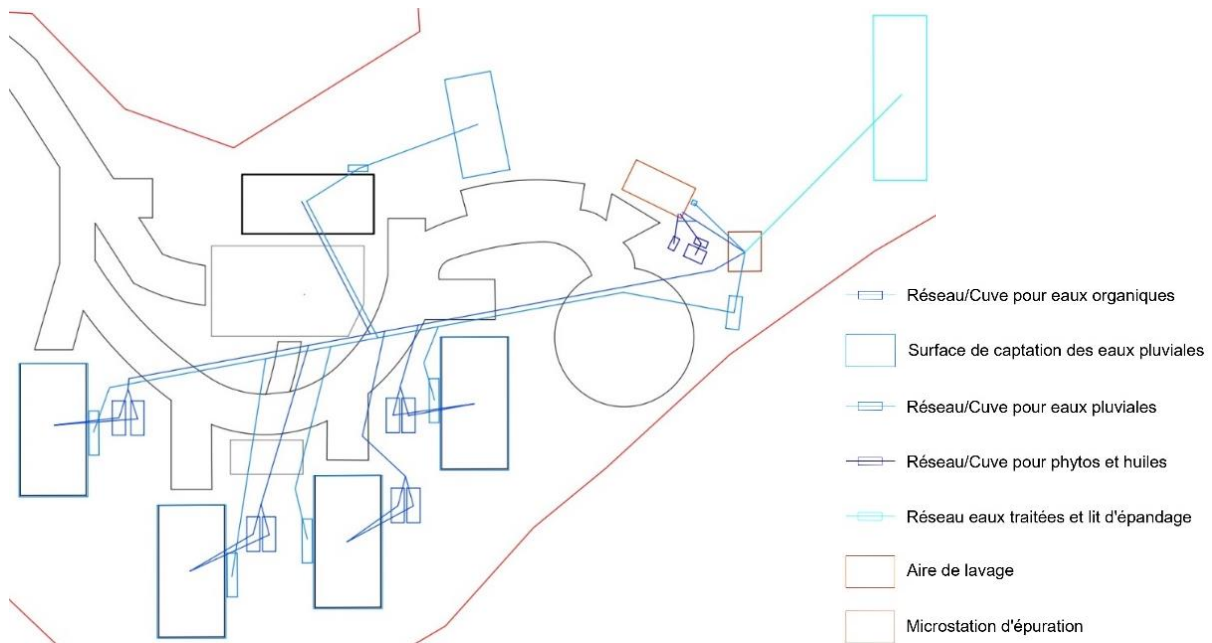


Figure 15 : Plan zoomé sur la gestion de l'eau

Auteur : Alexis Marquer

Concernant la gestion de l'eau, il est important de connaître les besoins pour dimensionner les différentes cuves dans le village. On a vu que la moyenne se situait autour des 2 hl/hl de vin produit. C'est cette valeur que j'ai pris pour le dimensionnement des différentes cuves, sachant que l'idée est plutôt de s'approcher d'une valeur proche de 1 hl/hl, et qu'en prenant en compte les différents facteurs de variation (cf. partie 3)b)iv)), les 2 hl/hl doivent représenter un maximum. Pour chaque chai, le besoin annuel d'eau est donc de 1200 hl, soit 4800 hl pour le village.

- Récupérateur d'eau pluviale

En reprenant les données provenant de l'enquête réalisée par Mme Thaunay et le tableau 2 du rapport, on s'aperçoit d'une économie de 0,4 hl/hl au global (activité viticole + activité vinicole) entre l'utilisation d'un récupérateur d'eau pluviale ou non. On considère de cette façon que l'utilisation d'eau pluviale pourrait faire économiser 30% d'eau, pour un chai, cela représente 360 hl. La décision est prise de dimensionner la cuve plutôt que la surface de captation, car il suffirait d'une surface de 74m² pour atteindre les 360 hl sur l'année. Mais la surface disponible au niveau d'un chai est de 200m², elle va être utilisée entièrement afin de faire face à l'été et afin de réduire la cuve de stockage.

La cuve de stockage se dimensionne suivant les besoins en période de vendanges, période où il pleut le moins mais où la consommation d'eau est la plus forte. On estime les besoins durant cette période à environ 250 hl, soit 25m³. J'ai calculé le volume d'eau pluviale récupérable à Amboise pour

une surface de captation de 200m² (en prenant la pluviométrie moyenne entre les années 2015 et 2022).

	Volume d'eau pluviale récupéré en m ³ pour une surface de 200m ² :	100m ² :
Janvier	9,30	4,65
Février	7,40	3,70
Mars	8,55	4,28
Avril	5,59	2,79
Mai	9,19	4,59
Juin	12,67	6,33
Juillet	3,99	1,99
Août	5,41	2,71
Septembre	6,77	3,39
Octobre	8,26	4,13
Novembre	10,00	5,00
Décembre	10,19	5,09
TOTAL	97,31	48,66

Tableau 4 : Potentiel mensuel de récupération d'eau pluviale

Auteur : Alexis Marquer

Il faut ainsi prévoir environ 15m³ de stockage car la pluie en été permet de remplir de 10 à 15m³ supplémentaire. Le coût pour cette taille de cuve est estimé vers les 6000€ selon les prix de différents fournisseurs. Il faudra environ 2-3 mois pour préparer le stockage estival. L'installation de filtres est primordiale pour conserver une eau propre, une cuve bien fermée et opaque (enterrée) permet également de limiter la dégradation de l'eau. L'entretien de la cuve 1 à 2 fois par an est également nécessaire (vers mars-avril pour commencer à stocker ensuite pour l'été).

Un récupérateur d'eau de pluie est également mis en place pour le bâtiment collectif, avec une surface de captation de 100m² qui correspond au hangar de stockage des matériels vinicoles. Il faut calculer les besoins de ce bâtiment. La chasse d'eau consomme environ 6L d'eau par tirage. On considère qu'il y a 15 tirages par jour, la consommation d'eau journalière pour la chasse d'eau est de 90L, soit environ 328hl par an, soit 2,7m³ par mois. Le nettoyage du sol n'utilise que 0,12mm d'eau par mètre carré. Pour une surface de 180m², on utilise ainsi 21,6 litres. Pour le RDC, on considère qu'il n'y a qu'un lavage par semaine. Et pour le sous-sol avec l'espace conditionnement, on considère 2 lavages par jour. Sur une année, on est donc à une consommation d'environ 3,4m³, soit 0,28m³ par mois. En mettant du sedum sur le toit végétalisé, il n'y a pas besoin de l'arroser. Ces plantes supportent bien la sécheresse, néanmoins, 1 ou 2m³ supplémentaires pour assurer l'entretien des espaces verts autour du bâtiment pourraient être utiles. En été, le besoin en eau de pluie se situe ainsi autour de 4-5m³. Le mois le moins pluvieux est juillet, et on peut récupérer environ 2m³ avec une surface de 100m² (cf. Tableau 4). Une cuve de stockage de 3m³ semble ainsi appropriée, ces cuves sont à un prix de 1500€ sur internet.

- Effluents vinicoles

Intéressons-nous maintenant aux effluents vinicoles et à la phase de traitement de l'eau. D'après un rapport de la chambre d'agriculture du Lot en 2017, la production moyenne d'effluents vinicoles d'une exploitation est de 0,8 à 1,5 litre d'effluents pour 1 litre de vin produit. Pour un chai de 600hl, on est donc environ à 700hl d'effluents. La saisonnalité représente une contrainte forte : 50 % à 80% du volume d'effluents vinicoles annuel est produits en période de vendanges, toujours d'après la chambre d'agriculture. Il faut plutôt chercher à stocker les eaux sales car les eaux propres se contamine

plus vite dans des grandes cuves. Pour le stockage, un volume minimum réglementaire correspondant à 5 jours de production de pointe est à respecter. Après un calcul rapide, cela correspond à environ 3-4m³. En Charente, un stockage de plus de 60% de ses effluents donne le droit à des subventions sur l'installation des cuves. Pour le chai produisant 600hl, cela représente une cuve de stockage de 42m³ (soit 2 cuves de 21m³ pour faciliter les entretiens etc...). La solution est retenue car elle permet également de lisser dans le temps la quantité d'eau à traiter.

En parlant de traitement, les effluents vinicoles rejoignent ensuite une mini station d'épuration dont on a déjà décrit le fonctionnement (cf. partie 3)a)ii)). 20 à 30 m² suffisent pour une station comme celle-ci, et elle coûte entre 10000€ et 20000€. En termes de contraintes, d'il faut laisser 3m entre la station et la clôture, 3m également avec les arbres, et la distance de 100m avec les habitations n'est plus obligatoire mais elle est tout de même respectée ici. (Pepseo, 2023)

La station d'épuration est approvisionnée également par une aire de lavage. Cette aire est située à proximité. Elle doit pouvoir permettre de nettoyer deux machines en même temps, pour cette raison il faut une surface de 50m² abritée façon pergola pour récupérer l'eau de pluie. De cette manière, une petite cuve de 500L est à disposition pour le nettoyage si cela est possible. C'est dans cette aire de lavage que l'on retrouve des eaux huileuses et des effluents phytos, celles-ci ne doivent pas être mélangées avec les eaux organiques. Pour les eaux huileuses, les huiles et graisses peuvent être stockées dans une cuve étanche pour être traités en déchets dangereux. L'eau restante après le déshuileur, peut être reliée aux eaux organiques pour être traitées avec. Pour les effluents phytos, ils sont stockés dans une cuve tampon avant d'être traitée. Une solution courante pour traiter soi-même ses phytos est l'installation d'un phytobac. Ce dispositif permet de traiter naturellement les substances actives par les micro-organismes présents dans un substrat (terre et paille). Ce phytobac doit être proche de la zone de lavage et dans un espace ensoleillé. D'après la chambre d'agriculture des Pays de la Loire, pour 2800 hl d'effluents sur le village, il faut prévoir une cuve tampon de 1 m³ et un phytobac de 7m².

Une fois que les effluents organiques sont traités, l'idée est de pouvoir la réutiliser, pour cela une grande cuve de stockage collectif de 20m³ pour l'eau de pluie est installée près de la micro-STEP. L'idée est qu'elle puisse servir aux 4 vignerons, notamment pour la partie viticole. Cette cuve sera remplie par le surplus des différents récupérateurs d'eau (chai + collectif), ainsi que par les effluents qui auront été traités dans la micro-STEP. L'entretien de la cuve doit être régulier.

Si la cuve est remplie, les effluents traités seront versés dans la nature. Il y a plusieurs solutions, d'abord une infiltration classique avec des systèmes de tranchées ou de lit d'épandage dans le sol. Cela peut aussi servir à irriguer des végétaux dans la zone avec des tranchées situées près d'eux. Sinon, si le sol n'est pas assez perméable, l'eau peut être amené à un cours d'eau permanent s'il y en a un pas loin. Si ce n'est pas le cas, alors il faudra peut-être faire un puit d'infiltration (solution la plus coûteuse). Une analyse du terrain est nécessaire, principalement pour déterminer la perméabilité du terrain. Prenons l'hypothèse que le sol est perméable (perméabilité k entre 30 et 500 mm/h), pour dimensionner la surface du lit ou la longueur des tranchées, il est nécessaire de connaître le coefficient. Mais certaines contraintes sont à respecter concernant le terrain sur lequel on réalise un lit d'épandage, il faut une surface de 200 m², une nappe phréatique à une profondeur supérieure à 1,50m, et une pente inférieure à 5%. Concernant le lit d'épandage en lui-même, sa longueur maximale est de 30m et sa largeur maximale de 8m.(Construire, 2020)

Les différents réseaux d'eau doivent avoir une pente d'environ 2% jusqu'au lit d'épandage, avec l'utilisation de pompe de relevage si nécessaire. D'ailleurs le réseau séparatif entre les eaux pluviales et les eaux usées est bien évidemment obligatoire.

iv) Éléments potentiels

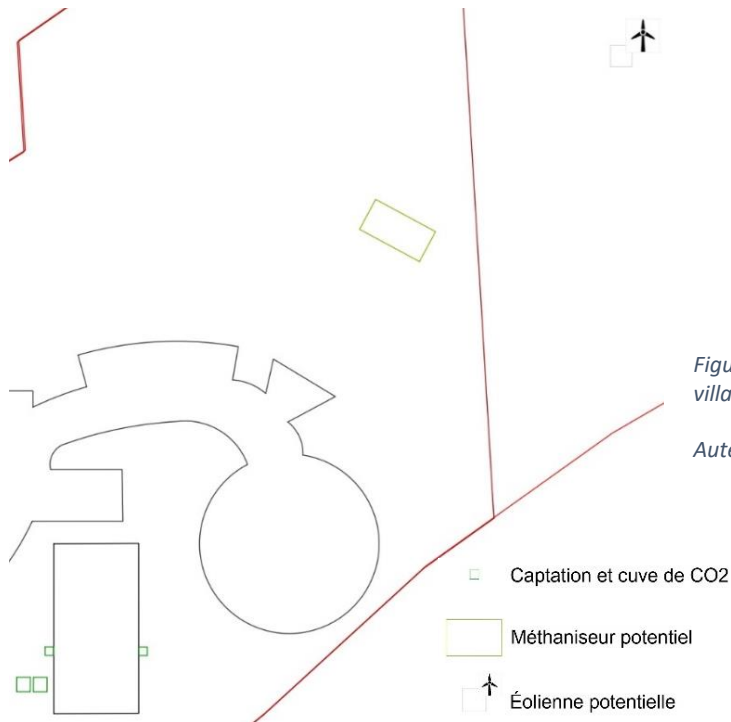


Figure 16 : Plan zoomé sur des éléments potentiels du village

Auteur : Alexis Marquer

Dans cette partie, on va évoquer des solutions qui sont possibles dans un village vigneron mais qui ne sont pas retenues dans un premier temps. Elles apparaissent tout de même dans le plan car le but de ce projet est de créer un modèle reproductible.

- Éolienne

Tout d'abord, parlons de l'éolienne. Elle a été dimensionnée dans un objectif de produire 65000 kWh sur l'année. La formule, issue d'un cours de ma formation, est la suivante :

$$\text{Puissance } P = \rho * 0.37 * (\pi/4) * \omega^3 * \phi^2 * (10^{-3})$$

Avec le rendement constructeur ρ (0,3), le diamètre ϕ , et la vitesse du vent ω

Les conditions climatiques de Touraine ont été pris en compte, et on obtient une éolienne d'une hauteur de 42m, ou sinon deux éoliennes de 32m. L'éolienne doit avoir une puissance d'environ 20 kW pour assurer l'été, et une telle éolienne coûte environ 100000€.

Sur le plan, on peut apercevoir que le périmètre des abords de la Pagode de Chanteloup, monument classé, coupe la limite parcellaire du village vigneron. Il y a donc un espace, côté Est pour installer une éolienne sans passer par des démarches administratives très compliquées qui aurait sûrement abouti par un refus de construction. Néanmoins, une distance correspondant à la moitié de la hauteur de l'éolienne (ici 21m) entre l'éolienne et la limite parcellaire doit être respectée. Ces conditions sont respectées ici, mais je trouve que l'éolienne ne s'intégrerait pas très bien au paysage du projet car l'idée sur cette zone serait aussi d'avoir une belle nature avec des arbres accueillants. Les arbres pourraient d'ailleurs baisser sa production.

- Méthaniseur

Ensuite, intéressons-nous au méthaniseur. Les besoins estimés en forte période d'activité sont de 3000 kWh sur un temps de 420h, il faudrait ainsi un méthaniseur d'environ 8-9 kW. Cela coûte 70000€. Le problème du méthaniseur est qu'il nécessite un entretien très important et surtout une fréquence d'alimentation quotidienne. Ce dernier point ne peut pas être respecté avec la seule activité vitivinicole, et cela risque de détériorer le système. De plus, les déchets organiques de la vigne, très ligneuse, ne sont pas adaptés. Le méthaniseur est tout de même représenté sur le plan, car la solution n'est pas inenvisageable, une coopération avec la commune ou avec des maraichers du coin est toujours possible.

- Stockage et recyclage du CO₂

Enfin, intéressons-nous au stockage du CO₂. La fermentation d'un hectolitre de vin émet en moyenne entre 8kg et 10kg de CO₂ (cf. partie 3)b)v)). L'idée est de stocker (la captation étant déjà réalisée pour des mesures de sécurité) ce CO₂ pour pouvoir le réutiliser ou le revendre. On dimensionne la cuverie pour qu'elle puisse stocker une moitié de production annuelle de CO₂ (la production de vin se concentrant sur une période de 2 mois, cela représente un mois de production). La densité du dioxyde de carbone dans des conditions normales de pression et de température est de 1,977 kg/m³. La production de CO₂ issu des fermentations correspond alors à environ 2250m³ par chai sur une année. On cherche donc à stocker 1125m³

On utilise la loi de Boyle-Mariotte qui décrit la relation entre la pression et le volume d'un gaz. Elle stipule que, à température constante, le volume occupé par une certaine quantité de gaz est inversement proportionnel à sa pression. Dans nos calculs on considère que la température reste constante. Ainsi :

$$P_1V_1=P_2V_2$$

Avec P₁ et V₁ respectivement la pression et le volume initial (en sortie de fermentation) ; P₂ et V₂, respectivement la pression et le volume dans la cuve.

Il faut donc choisir la pression à laquelle on souhaite comprimer le dioxyde de carbone. On regarde alors le diagramme de phase du CO₂.

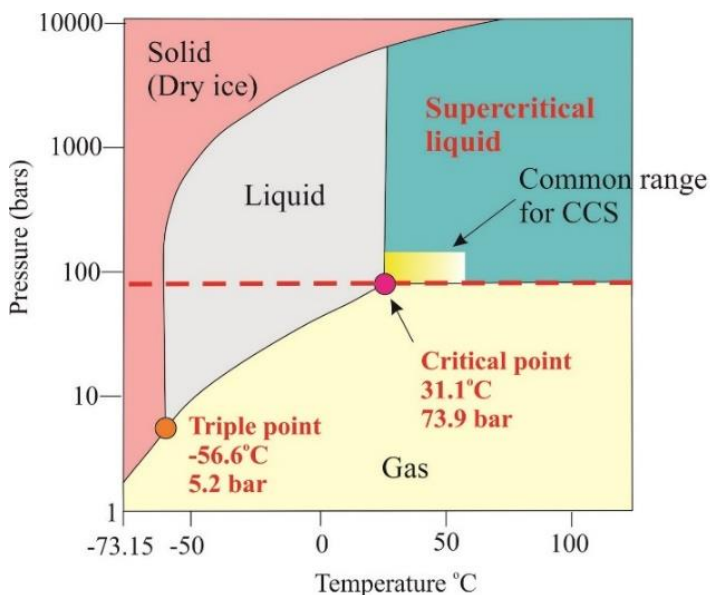


Figure 17 : Le diagramme de phase du CO₂

Source : 101diagrams

L'idée est de stocker le CO₂ sous forme liquide (comme dans les extincteurs CO₂) pour limiter la capacité de stockage. Il faut savoir que le CO₂ n'est pas combustible et n'est pas explosif. La difficulté pour ce gaz est de le garder à l'état liquide, d'après le diagramme de phase, il faut une pression de plus de 73 bars pour que le gaz carbonique soit liquide, et c'est seulement entre -56°C et 31°C. Cette cuve étant à l'extérieur, il est préférable de la placer à l'abri du soleil. Une cuve en acier inoxydable est aussi fortement conseillée pour résister à la corrosion. Un détecteur avec alarme sera aussi nécessaire près de la cuve et dans les chais pour repérer toute fuite potentielle.

Après calcul, il faut environ 16m³ de volume nécessaire pour la cuverie de CO₂ comprimé. On peut prévoir deux cuves différentes pour faciliter l'entretien et les transactions. Il faudrait donc deux cuves d'environ 8m³.

Le volume est important, et il faut un gros compresseur pour monter au-dessus de 70 bars. Si on fait une estimation en termes de besoin d'énergie pour comprimer tout ce CO₂, on atteint des chiffres assez importants entre 5000 et 10000 kWh. De plus cette consommation est saisonnière (moments des vinifications). Derrière il faut quand même voir si cela peut être rentable, il faut trouver des clients intéressés par ce gaz carbonique, et ensuite voir le prix de vente et la distance qui sépare le chai avec le client. Si on souhaite juste une utilisation personnelle de ce CO₂ capté, il ne va pas être nécessaire de stocker autant et à une telle pression. Une cuve de taille adaptée à une utilisation annuelle suffirait, avec une pression de seulement 10 bars beaucoup moins contraignante.

5) Retour réflexif sur l'expérience

a) Sujets à dégager

Comme j'ai déjà pu le dire, le vinOpôle a pour envie de travailler en collaboration avec mon école, Polytech Tours, sur ce projet de Village Vigneron. Le projet plaît beaucoup à l'école et moi, à travers ce stage, j'arrive au début d'une potentielle longue collaboration. J'avais pour objectif de défricher le projet et d'identifier des axes de travail, afin d'envisager d'autres sujets d'études futurs.

Voici une liste des sujets que j'ai pu retenir :

- La mise au point de différents capteurs, des capteurs qui pourraient être utilisés pour gérer la thermorégulation de la cuverie, pour mesurer le CO₂ dans le chai, pour surveiller les différentes consommations et les différentes productions d'énergie, des capteurs qui rendraient compte des utilisations personnelles des systèmes mutualisés (par exemple savoir qui a pris l'eau de cuve collectif etc...)
- Développer un site ou une application pour les quatre exploitants regroupant des informations utiles, des informations données par les capteurs notamment. Le site pourrait faciliter la communication afin que la vie au village se déroule bien, la connaissance des plannings des autres exploitants pourraient être intéressante, avec l'utilisation des machines, l'utilisation de la salle de réception etc...
- Mesurer précisément les consommations énergétiques des différents bâtiments, notamment d'un chai. En prenant en compte tous les éléments, des déperditions d'énergie de l'enveloppe extérieure à la moindre pompe en passant par la consommation de la cuverie. C'est de la thermodynamique en grande partie. J'ai voulu commencer ce travail, mais je me suis rendu compte que c'était un travail nécessitant un temps très élevé que je n'avais pas
- Faire une analyse globale et détaillée du coût du projet, en prenant le bâti, les cuves, les machines et les différents moyens de production d'énergie.
- Sujet territorial et économique avec une étude de marché à réaliser concernant l'utilisation du méthaniseur ou l'utilisation du CO₂.
- Travail analytique et calculatoire pour déterminer le mix énergétique idéal dans ce projet. Il faut identifier toutes les contraintes pour trouver la meilleure solution, notamment vis-à-vis de la variation importante de la consommation énergétique au cours de l'année. Quid des énergies pilotables ?
- Tout un travail à faire sur les réseaux d'eau, pour assurer son bon fonctionnement.

b) Améliorations

J'ai évoqué, au début du rapport, les inquiétudes que j'ai eu au moment de commencer le stage. Il y avait notamment le fait d'avoir énormément de sujets à traiter, je ne m'étais pas trompé car pendant ce stage, il y a plusieurs périodes où j'ai le sentiment de m'être éparpillé sur des sujets, et où je me suis peut-être éloigné du projet. Et finalement ce qui m'a rattaché plusieurs fois et servi comme

fil conducteur, c'est la liste des sujets, je reprenais mot pour mot ce qui était écrit pour essayer de définir un cadre. Mais j'estime avoir perdu un peu de temps, notamment au milieu de toute cette partie bibliographique.

Une autre inquiétude que j'avais évoqué était la méconnaissance du milieu vitivinicole. Si je devais changer la façon d'aborder que j'ai eu au moment de découvrir, ce serait de poser beaucoup plus de questions, même si j'avais l'impression qu'on m'avait déjà expliqué la chose, et également de noter davantage les réponses et les différents détails qu'on a pu me donner. Lors des différentes visites que j'ai pu réaliser ou des différents entretiens, j'ai pris des notes écrites, mais il aurait fallu que je fasse un enregistrement vocal, parce qu'il y avait à chaque fois énormément d'informations.

En parlant de notes, il faut aussi que les organise mieux. Parce que bien trop souvent j'ai des notes écrites partout, sur pleins de feuilles différentes. Il faudrait simplement les regrouper par sujets, où même les réécrire au propre, même si je trouve que cela prend beaucoup de temps, sur le long-terme cela peut être bénéfique.

Enfin, par rapport au projet en lui-même, je pense avoir un peu trop réfléchi sur un seul chai (et en multipliant par quatre ensuite) alors qu'il aurait peut-être fallu d'abord réfléchir sur les quatre en même temps pour penser davantage à l'aspect de mutualisation.

c) Faisabilité avec production de bière

L'ambition de ce projet est qu'il soit reproductible, et ce, dans différentes filières. Prenons la production de bière, voyons si le plan d'aménagement fonctionne toujours.

La plupart des aménagements pourraient très bien fonctionner, d'où l'intérêt d'avoir des bâtiments sous forme de "coquilles vides". Les 200m² sont suffisant pour brasser la bière, et le bâtiment collectif remplirait exactement la même fonction, à la place d'avoir du vin à déguster, on aurait de la bière. Au niveau de la production électrique et de la gestion de l'eau, tous les systèmes pourraient s'adapter, il faudrait néanmoins réévaluer les différents besoins pour réajuster les différents systèmes, les énergies non pilotables peuvent poser un problème ici. Cependant, avec de la bière, il y a beaucoup moins ce problème de saisonnalité, et un méthaniseur pourrait davantage être considéré.

La faisabilité, à première vue, semble très bonne avec d'autres filières. De plus, en théorie, la mutualisation devrait toujours permettre de baisser les consommations.

d) Compétences/capacités acquises

Durant ce stage de fin d'études, j'estime avoir acquis de nombreuses compétences et capacités.

Je me sens beaucoup plus à l'aise pour les aménagements concernant l'agroalimentaire. Je sais que je suis capable de m'adapter maintenant à différentes filières. J'ai une connaissance qui s'est grandement développée concernant les aménagements mutualisables.

J'ai aussi développé mes aptitudes sur la création d'un plan d'aménagement, avec un logiciel technique comme AutoCAD. Pour arriver à ce plan, il a fallu faire un long travail d'identification des contraintes, un long travail de dimensionnement de solutions techniques. J'ai été laissé énormément

en autonomie durant ce stage, c'est très intéressant car il y a des attentes et des responsabilités à assumer, et au-delà de ça, la liberté que j'avais a fait qu'il fallait que je prenne des choix et que je sois capable de les expliquer.

e) Projection future

Ce stage représentait pour moi une première expérience, dans le cadre d'un travail d'aménagement, dans le secteur agro-alimentaire, j'ai pu y découvrir de nombreux sujets. J'ai vraiment apprécié découvrir le secteur vitivinicole et si l'occasion se présente je n'hésiterai pas à continuer dans cette direction. Je reste ouvert à de nombreux champs, que ce soit dans l'agro-alimentaire ou ailleurs. J'ai aimé travailler sur le début d'un projet, où le travail consiste à faire beaucoup de recherches, beaucoup de propositions sur des points très variés. Le travail sur la production d'énergie, notamment renouvelable, m'intéresse beaucoup également.

Conclusion

Afin de conclure le rapport, il est important de rattacher son contenu à la problématique initiale et à l'idée principale du projet qui porte sur la mutualisation.

A travers les différentes parties, on a montré que la mutualisation était bien évidemment possible, mais pas en tout point. La volonté des vignerons de vouloir produire leur propre vin, signifie que dans le processus de fabrication, la majorité des étapes est individuelle. Durant celles-ci, la mutualisation n'est pas possible, que ce soit au niveau du chai de vinification ou au niveau des machines vitivinicoles. Seules quelques petits matériels peuvent se partager. L'économie d'échelle recherchée à travers le concept de mutualisation est extrêmement moindre dans ce cas précis. Cela s'explique par la saisonnalité des activités, en effet tout le monde va avoir besoin du même équipement au même moment, il faudrait peut-être alors imaginer un village avec des producteurs venant tous d'une filière différente.

Néanmoins, le bâtiment collectif a beaucoup de valeur dans ce projet car il offre de nombreuses possibilités pour les producteurs, notamment avec le magasin et tout l'espace de conditionnement qui est mutualisé (stockage et livraison). Le fait de tout regrouper permet une économie en termes de matériaux utilisés (au même titre que les hangars de stockage) et donc une économie importante d'argent, et une économie sur les émissions de CO2 liées au transport.

Ensuite, on peut regarder si la mutualisation s'adapte aussi aux flux. Pour ce qui est de la production énergétique, la mutualisation est possible encore une fois, mais elle reste difficile. En effet, si on prend des panneaux solaires, la production est proportionnelle à la surface, ce qui veut dire que la surface pour quatre chais éloignés ou la surface pour quatre chais regroupés reste la même. La mutualisation est davantage compatible avec une éolienne ou un méthaniseur qui ont une mise en place bien plus complexe. Concernant la gestion de l'eau, la mutualisation peut se faire, mais plutôt au niveau du traitement de l'eau (STEP, Phytobac), et d'une potentielle réutilisation.

Enfin, il faut regarder au-delà de l'aspect financier et environnemental, un tel Village peut apporter énormément aux producteurs qui l'occupent. Il faut prendre en compte l'intelligence collective qui peut émaner de quatre personnes, mais aussi la possible entraide et puis tout l'aspect social en général.

Références bibliographiques

101diagrams (2023). *Phase diagram of CO2*. <https://www.101diagrams.com/phase-diagram-of-co2/>

ADEME (2015), *Analyse du cycle de vie de la production d'électricité d'origine éolienne en France*. <https://www.ademe.fr/sites/default/les/assets/documents/impactsenvironnementaux-eolien-francais-2015-rapport.pdf>

ADEME (2018). *Qu'est-ce que l'ACV ?*. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv>

Agreste (2022). *Agreste Infos rapides – Viticulture Novembre 2022*. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraVit22141/2022_141inforapviticulture.pdf

Badey (2020). *Synthèse des pratiques actuelles des IAA en matière de gestion des eaux*. <https://minimeau.fr/wp-content/uploads/2020/03/Livable-D.2.1-Synth%C3%A8se-pratiques-vfinale2.pdf>

Chambres d'agriculture de la Bourgogne (2012). *Les consommations d'eau et d'énergie dans les chais*. <https://dokumen.tips/documents/l-es-consommations-deau-et-denergie-dans-les-diatheque-la-viticulture.html?page=2>

Chambres d'agriculture des Pays de la Loire (2016). *Effluents phytosanitaires : bien les gérer*. https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2016_effluents_phytosanitaires_bien_les_gerer_Ecophyto_cle82dcf.pdf

Chambres d'agriculture du Lot (2017). *Stockage et valorisation agricole*. https://lot.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/070_Inst-Lot/Documents/Arborescence/Productions_techniques/Viticulture/20200907_PAT_Mai2017_BD.pdf

Chambres d'agriculture France (2020). *La filière viticole face au changement climatique*. <https://chambres-agriculture.fr/publications/toutes-les-publications/la-publication-en-detail/actualites/la-filiere-viticole-face-au-changement-climatique/>

Construire (2020). *Rejet Eau Microstation d'épuration : 4 Solutions possibles*. <https://www.construire-naturel.com/rejet-eau-microstation-4-solutions-possibles/>

Desseigne (2023). *Optimisation de l'utilisation de l'eau au chai et nettoyage des équipements*. <https://www.vignevin-occitanie.com/wp-content/uploads/2019/10/Optimisation-de-lutilisation-de-leau-au-chai.pdf>

Effy (2023). *Chauffe-eau solaire : zoom sur le dimensionnement*. <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/chauffe-eau-solaire/dimensionnement>

Engie (2023). *La pompe à chaleur, produisez votre énergie*. <https://particuliers.engie.fr/economies-energie/pompe-a-chaaleur.html>

E-viti (2012). *Se prémunir contre le risque CO2 en cave vinicole*. <https://blog.e-viti.com/2012/06/se-pr%C3%A9munir-contre-le-risque-co2-en-cave-vinicole.html>

FranceAgriMer (2014). *Valorisation des marcs de raisins et des lies de vin*. <https://www.franceagrimer.fr/content/download/33085/document/Fiche%201%20-%20G%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s.pdf>

Frydman (2022). *Pourquoi la vigne et les métiers du vin séduisent les jeunes générations*. <https://avis-vin.lefigaro.fr/terroir-viticulture/o151061-la-vigne-une-aventure-motivante-pour-la-jeune-generation>

Gingembre et Najim (2021). *Quand le vin fait sa révolution*. <https://www.editionsducerf.fr/librairie/livre/19379/quand-le-vin-fait-sa-revolution>

Lamouroux (2018). *Solution innovante pour améliorer l'efficacité énergétique des chais*. <https://www.vinitech-sifel.com/content/download/67132/2382425/version/1/file/LAMOUROUX%20-%20DP%20-%20Vinitech-Sifel%202018.pdf>

La Nouvelle république (2017). *Le Vinopôle Val de Loire se structure en association*. <https://www.lanouvellerepublique.fr/indre-et-loire/le-vinopole-val-de-loire-se-structure-en-association>

Lévêque (2020). *Récupérer le CO2 issu de la fermentation des vins pour espérer le revendre*. <https://www.mon-viti.com/articles/oenologie/recuperer-le-co2-issu-de-la-fermentation-des-vins-pour-espérer-le-revendre>

Parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine (2020). *CUMA BEL*. <https://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/sites/default/files/2020-04/cuma-bourgueil-environnement-lagune-bel-benais.pdf>

Pepseo (2023). *Où placer ma micro-station d'épuration ?* <https://pepseo.fr/ou-placer-ma-micro-station-epuration/>

Potevin (2022). *La viticulture peut-elle afficher un bilan carbone positif ?*. <https://vinsdumonde.blog/la-viticulture-peut-elle-afficher-un-bilan-carbone-positif/>

Sebastien (2023). *Comment fonctionnent les panneaux solaires thermiques ?*. <https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaïques/fonctionnement-panneau-solaire-thermique>

Smirgeomes (2019). *Schéma des aires de retournement autorisées pour les véhicules de collecte*. <http://www.smirgeomes.fr/wp-content/uploads/2019/06/Annexe-5-Sch%C3%A9ma-aires-de-retournement-des-BOM.pdf>

VinOpôle (2019a). *La carte des vignobles*. <https://www.vinopole-cvdl.com/vinopole-amboise/carte-vignoble-centre-val-loire/>

VinOpôle (2019b). *Organisation du réseau*. <https://www.vinopole-cvdl.com/vinopole-amboise/vinopole-amboise-rseau/>

VinOpôle (2019c). *Référentiel économique du vigneron*. http://www.vinopole-cvdl.com/fileadmin/images-users/Referentiel_Vigneron_72.pdf

VinOpôle (2022). *Feuille de route 2022*. https://www.vinopole-cvdl.com/fileadmin/fichiers/MAJ_SITE/FEUILLE_DE_ROUTE_VINOPOLE_2022_vr.pdf

VinOpôle (2023). *Le mot de la présidente du vinOpôle*. <https://www.vinopole-cvdl.com/vinopole-amboise/le-mot-de-la-presidente/>

Table des annexes

ANNEXE I : PLAN D'AMENAGEMENT DU VILLAGE VIGNERON

ANNEXE II : FICHE TECHNIQUE PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES

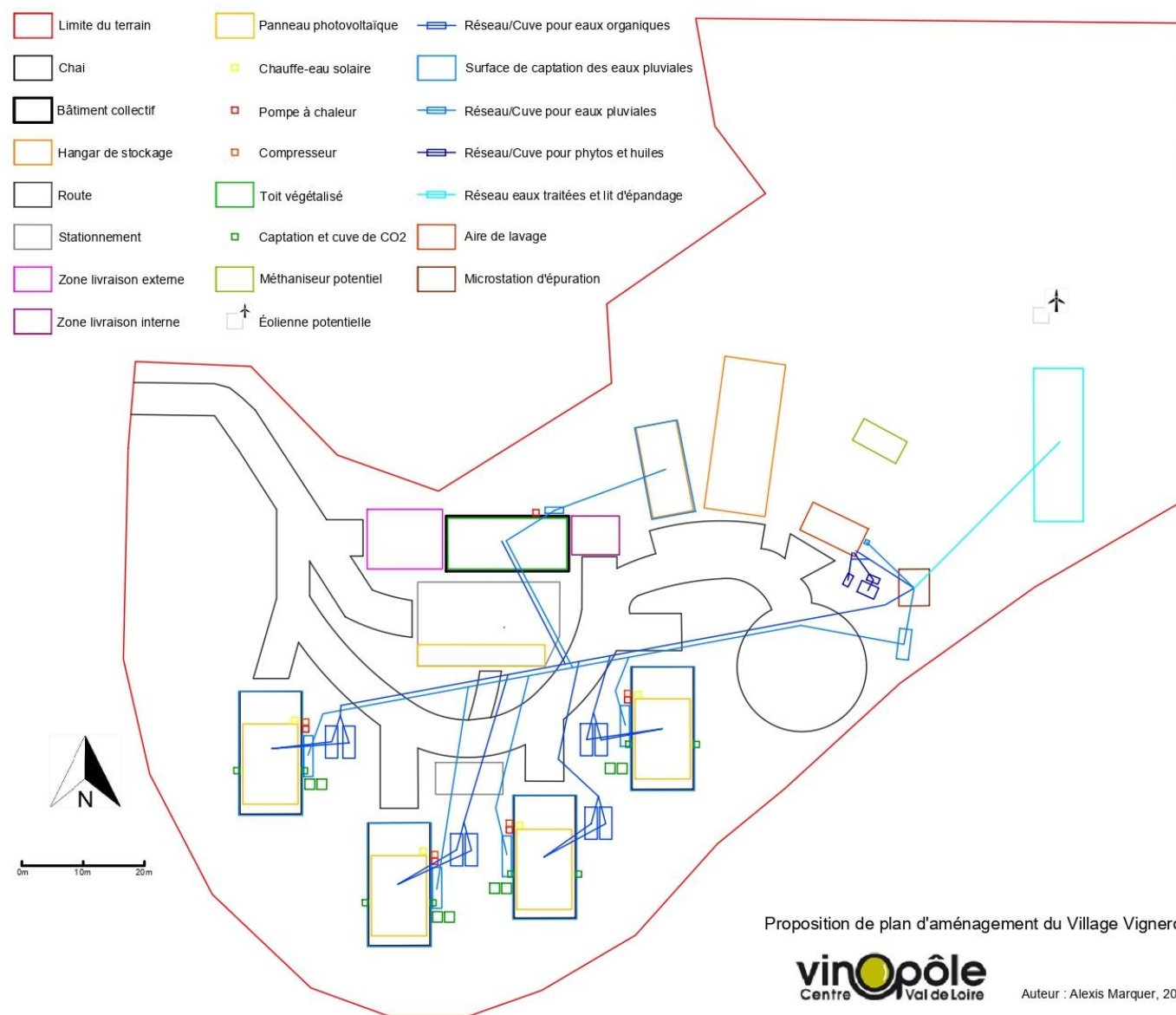
ANNEXE III : FICHE TECHNIQUE EOLIENNE

ANNEXE IV : FICHE TECHNIQUE METHANISEUR

ANNEXE V : FICHE TECHNIQUE RECUPERATEUR EAU PLUVIALE

ANNEXE VI : FICHE TECHNIQUE CHALEUR FATALE

ANNEXE I : PLAN D'AMENAGEMENT DU VILLAGE VIGNERON



Proposition de plan d'aménagement du Village Vigneron

vinOpôle
Centre Val de Loire

Auteur : Alexis Marquer, 2023

FICHE PANNEAUX SOLAIRES

Comment ça fonctionne ? Le rayonnement solaire se transforme en électricité par le biais de cellules photovoltaïques. Un panneau solaire regroupe plusieurs de ces cellules. Cet effet photovoltaïque provient de matériaux semi-conducteurs principalement produits à partir de silicium, ils émettent des électrons lorsque qu'ils sont soumis aux rayons du soleil. On obtient un courant continu qui se transforme en courant alternatif grâce à un onduleur afin de pouvoir être utilisé dans le réseau.

La production aujourd'hui en France ? Le parc solaire installé est à 15,7 GW fin 2022 dont environ 700 MW en région Centre-Val de Loire. La production s'élève à 18,6 TWh en 2022 soit environ 4,2% de la production totale d'électricité en France (source : RTE). Ces chiffres tendent à augmenter.

Quels sont les besoins ?

- Une inclinaison de 20° à 30° par rapport à l'horizontal
- Une orientation Sud, Sud-Ouest
- Une zone dégagée sans ombre

Les avantages ?

- Source d'énergie inépuisable et disponible en grandes quantités.
- Emission réduite de CO₂.
- Le silicium est un élément abondant mais pas toxique.
- Un système fiable et recyclable avec une durée de vie de 25-30 ans.
- Un système rentabilisé au bout de 15 ans en moyenne niveau argent.
- Seulement 2-3 ans pour amortir le bilan énergétique de sa fabrication.
- Grande adaptabilité suivant les besoins.

Les contraintes ?

- Une production qui s'essouffle après 20-25 ans.
- Un coût d'installation assez conséquent (2500€ pour un kWc*).
- Une production très variable (pas de production la nuit, plus de production en été qu'en hiver).
- Raccordement au réseau électrique très long si volonté de vendre le surplus
- Système de stockage assez difficile avec soit des batteries polluantes, soit un système d'accumulateur cinétique encore complexe avec des pertes.

La production théorique ?

- $E = S \cdot \rho \cdot \gamma$

Rendement ρ d'environ 12 %, gisement solaire γ d'environ 1200 kWh/m²/an en Touraine.

Le financement ?

Obligation d'achat : Le producteur injecte la totalité ou le surplus de son électricité dans le réseau et le vend à un tarif fixé par arrêté.

Prime à l'autoconsommation : Les installations permettant une autoconsommation ont le droit à une prime, qui varie selon la puissance de l'installation, et qui est répartie sur les cinq premières années.

*kWc = kilowatt-crête : puissance de l'installation dans les conditions optimales ; 1 kWc entre 800 et 1200 kWh par an

ANNEXE III : FICHE TECHNIQUE EOLIENNE

FICHE ÉOLIENNES

Comment ça fonctionne ? Une éolienne est composée d'un rotor relié à des pales, d'un mat pour permettre le mouvement du rotor et d'une nacelle qui assure le fonctionnement et qui peut s'orienter selon la direction du vent. L'énergie cinétique du vent va faire tourner les pales du rotor. Cette énergie mécanique va ensuite pouvoir être transformée en électricité grâce à un générateur. L'éolienne destinée à la production d'électricité est aussi appelée aérogénérateur.

La production aujourd'hui en France ? Le parc éolien terrestre installé est à 20,6 GW fin 2022 dont 1,6 GW en région Centre-Val de Loire. La production s'élève à 37,5 TWh en 2022, soit environ 8,4% de la production totale d'électricité en France (Source : RTE). Ces chiffres tendent à augmenter.

Quels sont les besoins ?

- Une zone venteuse et éloignée des habitations
- Une orientation suivant le courant d'air

Les avantages ?

- Source d'énergie inépuisable et disponible en grandes quantités.
- Emission réduite de CO₂.
- Grande adaptabilité suivant les besoins.
- Un démantèlement possible et assez facile.
- Terrain toujours exploitable pour des activités industrielles et agricoles

Les contraintes ?

- Une production très variable selon le vent.
- Des zones de développement limitées par de nombreuses règles : hauteur entre 12m et 50m
-> permis de construire (accord ABF si zone classée) + procédure de déclaration au régime des ICPE
- Recyclage des pales.
- Nuisance sonore et visuelle.
- Des pales dangereuses pour les oiseaux.

La production théorique ?

- Puissance $P = \rho \cdot 0.37 \cdot (\pi/4) \cdot \omega^3 \cdot \phi^2 \cdot (10^{-3})$

Rendement constructeur ρ (0,3), diamètre ϕ , vitesse du vent ω

Pour une production d'environ 65 MW/an, il faut une éolienne d'une hauteur d'environ 42m ou deux éoliennes de 32-33m environ. (calcul Toasterintegral)

Le financement ?

- Une installation qui coûte 5000€/kW environ.
- Aides financières par les collectivités locales.
- Anah (MaPrimeRénov' Sérénité pour les bâtiments de plus de 15 ans).
- Taux de TVA intermédiaire de 10%, et réduit à 5,5% pour les bâtiments de plus de 2 ans.

ANNEXE IV : FICHE TECHNIQUE METHANISEUR

FICHE METHANISATION

Comment ça fonctionne ? La méthanisation est un processus de décomposition de la matière organique par des bactéries dans une cuve (digesteur) en condition anaérobie (absence d'oxygène). Cela crée du biogaz (composé de CH₄ et CO₂ principalement) ainsi que du compost avec le digestat restant. Le biogaz peut être transformé en électricité, en chaleur, ou même en carburant.

La production aujourd'hui en France ? 1705 installations en France qui produisent et valorisent des gaz renouvelables à fin 2022. 2,5 TWh d'électricité produite en France en 2022, soit environ 0,6% de la production totale française. Il y a également 7,9 TWh de production de chaleur renouvelable fin 2021 (Source : Méthafrance).

Quels sont les besoins ?

- Principalement un besoin de déchets, avec une alimentation régulière pour pas que les bactéries meurent. Au niveau des déchets, cela peut être des effluents liquides comme des eaux usées, industrielles, des effluents agro-alimentaires, des effluents d'élevage mais aussi des déchets solides organiques.
- Une température extérieure assez chaude.
- Nécessite un peu de place au sol.

Les avantages ?

- Une valorisation des matières organiques et de l'énergie.
- Moins de déchets à traiter.
- Diminuer les gaz à effet de serre par captation de méthane.
- Source de carburant pour les machines.

Les contraintes ?

- Une installation assez chère à l'achat.
- Une installation plutôt volumineuse.
- Une fréquence d'alimentation quotidienne.
- Un entretien et une maintenance nécessaire.

La production théorique ?

Suivant la quantité de déchets. Difficilement quantifiable.

Exemple : 1400 tonnes de fumier = 55 kW de puissance = 120 MWh d'électricité et 280 MWh d'énergie thermique.

Le financement ?

- Entre 5000 et 10000€ par kW avec un entretien annuel à hauteur de 5% de l'investissement.
- Un retour sur investissement d'environ 15 ans.
- AAP, Fonds chaleur ADEME

ANNEXE V : FICHE TECHNIQUE RECUPERATEUR EAU PLUVIALE

FICHE RECUPERATEUR D'EAU

Comment ça fonctionne ?

L'idée est d'avoir une grande surface de captation pour récupérer un maximum d'eau qui va ensuite ruisseler via différentes gouttières qui sont reliées directement à une cuve de stockage enterrée ou non. Un filtrage est nécessaire pour ne pas avoir de dépôt de mousse ou feuilles.

Réglementation ?

La mise en place d'un second réseau d'eau doit être déclaré à la mairie pour pouvoir gérer les questions liées aux réseaux d'assainissement. Aucun lien ne doit être présent entre le réseau d'eau potable et ce réseau annexe, et des signalisations doivent être mis en place pour que les usagers soient au courant de la non-potabilité de l'eau. Elle n'est utilisable que pour laver le sol, laver les voitures, alimenter les WC, ou arroser les plantes. (Arrêté du 21 août 2008)

Les avantages ?

- Une eau gratuite disponible en grande quantité.
- Stocker l'eau lors des périodes de sécheresses.
- Réduire les forages (économie d'énergie) et resolidifier le sol (moins d'eau de ruissellement).

La production théorique ?

La pluviométrie P_{mm} en Indre-et-Loire varie d'une année à l'autre, mais si on prend la moyenne entre 2015 et 2022, on a une pluviométrie d'environ 600,7 mm sur une année. (infoclimat.fr)

Il faut prendre en compte les pertes liées à l'écoulement de l'eau, au filtre etc... On a donc le coefficient de restitution K_T qui va dépendre de la nature et de la pente de la toiture, et le coefficient de rendement hydraulique K_F qui va dépendre de l'état de propreté du filtre. En théorie, dans des conditions parfaites, les deux coefficients valent 0,9. Le verre (panneau solaire) est optimal.

Il reste donc à décider de la surface de récupération S , cela dépend des besoins. Environ 40% des besoins d'eau peuvent provenir de l'eau de pluie (source : systemed.fr). Pour un chai, on peut plutôt descendre autour des 30% étant donné les réglementations liées aux denrées alimentaires, concorde avec étude Excel.

On a donc : Volume annuel récupéré $V = S * P_{mm} * K_T * K_F$

Il faut réfléchir à une cuve de stockage de l'eau de pluie, une cuve d'une capacité correspondant à 1 mois de pluie est suffisante. On prend donc le volume annuel récupéré qu'on divise par 12.

Le financement ?

On privilégie un récupérateur enterré, qui offre une plus grande capacité de stockage. Cela coûte 3000€ pour une cuve de 2000L et 8000€ pour une cuve de 10000L (cuve + matériel pompe, filtres etc... + raccordement). Il faut compter également environ 300€ d'entretien chaque année.

Le prix d'un mètre cube d'eau potable à Amboise est de 4,18€ TTC (eaux potables, eaux usées, redevances, TVA). Avec l'augmentation du prix de l'eau, le récupérateur pourra être rentabilisé en plus ou moins 10 ans.

ANNEXE VI : FICHE TECHNIQUE CHALEUR FATALE

FICHE VALORISATION CHALEUR FATALE

Comment ça fonctionne ?

L'industrie est un secteur qui est fortement consommateur en énergie, mais une grande partie de cette énergie est perdue sous forme de chaleur, on l'appelle donc chaleur fatale. En 2017, la chaleur fatale dans l'industrie est estimée à 109,5 TWh et la filière agroalimentaire est la plus concernée. L'idée est donc de capter cette énergie pour pouvoir la réutiliser afin d'améliorer grandement la rentabilité, que ce soit au niveau économique, écologique et même au niveau performance du process. C'est un vrai levier de la transition énergétique qui est encore assez peu exploité.

Les avantages ?

- Une ressource disponible, continue.
- Une production en circuit court et décarbonée.
- Un système réversible, pouvant produire du chaud et du froid.
- Une économie sur la consommation d'énergie importante.

Potentiel d'utilisation ?

Pour commencer, il faut identifier les opportunités de récupération de chaleur dans le projet. Pour un chai viticole, on retrouve notamment un potentiel sur le groupe de froid (s'il y en a un), le compresseur d'air, la fermentation alcoolique/malolactique ou encore sur les eaux usées. Le potentiel sur les eaux usées est intéressant au vu de la quantité d'eau utilisée.

L'idée est donc de réutiliser cette chaleur, pour cela, on utilise un échangeur thermique, qui va permettre de capter la chaleur, mais pas les résidus qui vont avec.

A partir de la chaleur fatale, il y a plusieurs possibilités de production. La plus courante est de produire directement de la chaleur (soit par utilisation directe, soit par une pompe à chaleur), on peut aussi produire du froid (par un groupe froid à absorption par exemple). Il y a également possibilité de produire de l'électricité ou une énergie mécanique, mais c'est beaucoup moins courant.

Le stockage est possible notamment via ballon d'eau chaude.

Le financement ?

Si le projet valorise plus de 1 GWh/an d'énergie thermique, l'ADEME accompagne le projet depuis l'étude jusqu'à l'investissement en donnant accès à l'aide Fonds Chaleurs.

CEE (Certificats d'économie d'énergie), nombreuses fiches, financement couvert en moyenne de 40 à 80%.

Guichets de subvention où faut postuler, suivant les critères, peut avoir des subventions à hauteur de 30-40% du CAPEX.

Temps de retour sur investissement en moyenne de 1 à 3 ans.



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Alexis Marquer

Etudiant en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement

2022-2023

Titre : Proposition d'agencement d'un modèle de village vigneron

Résumé : Ce document est un rapport de stage de fin d'études en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement. Le stage a duré quatre mois au sein de l'association VinOpôle Centre-Val de Loire. Dans le cadre d'un projet appelé Village Vigneron, projet visant à regrouper 4 producteurs sur un même espace dans un objectif de mutualisation des ressources, une proposition de plan d'aménagement du village a été réalisé. Ce plan se base sur de longues recherches bibliographiques, ces recherches ont permis d'identifier des contraintes et des solutions. Tous ces éléments sont détaillés dans ce rapport.

Mots-clés : Chai, changement climatique, consommation, dimensionnement, eau, énergie, flux, mutualisation, production, thermorégulation, vigneron

Abstract : This document is an end-of-studies work placement report in Development and Environmental Engineering. The placement lasted 4 months with the VinOpôle Centre-Val de Loire association. As part of a project called Village Vigneron, aimed at bringing together four producers in the same area with a view to pooling resources, a proposed layout plan for the village was drawn up. This plan is based on extensive bibliographical research, which has enabled constraints and solutions to be identified. All these elements are detailed in this report.

Keywords : Winery, climate change, consumption, sizing, water, energy, flows, pooling, production, temperature control, winegrower

VinOpôle Centre-Val de Loire :

509 Av. de Chanteloup, 37400 Amboise



Tuteur entreprise :

M. Alexandre Duclouet - Ingénieur

Tuteur académique :

M. Sebastien Larribe