

revue des  
**œnologues**

et des techniques vitivinicoles  
et œnologiques

N° 179

AVRIL 2021

48<sup>e</sup> année - Trimestrielle

Abonnement Annuel France 81 €

Abonnement Annuel étranger 110 €

Le numéro 24 €

I.S.S.N. 0760-9868

ÉDITION INTERNATIONALE

Toute l'actualité  
**VITICULTURE ■ ŒNOLOGIE**  
[search.oeno.tm.fr](http://search.oeno.tm.fr)

**ENVIRONNEMENT & CLIMAT**

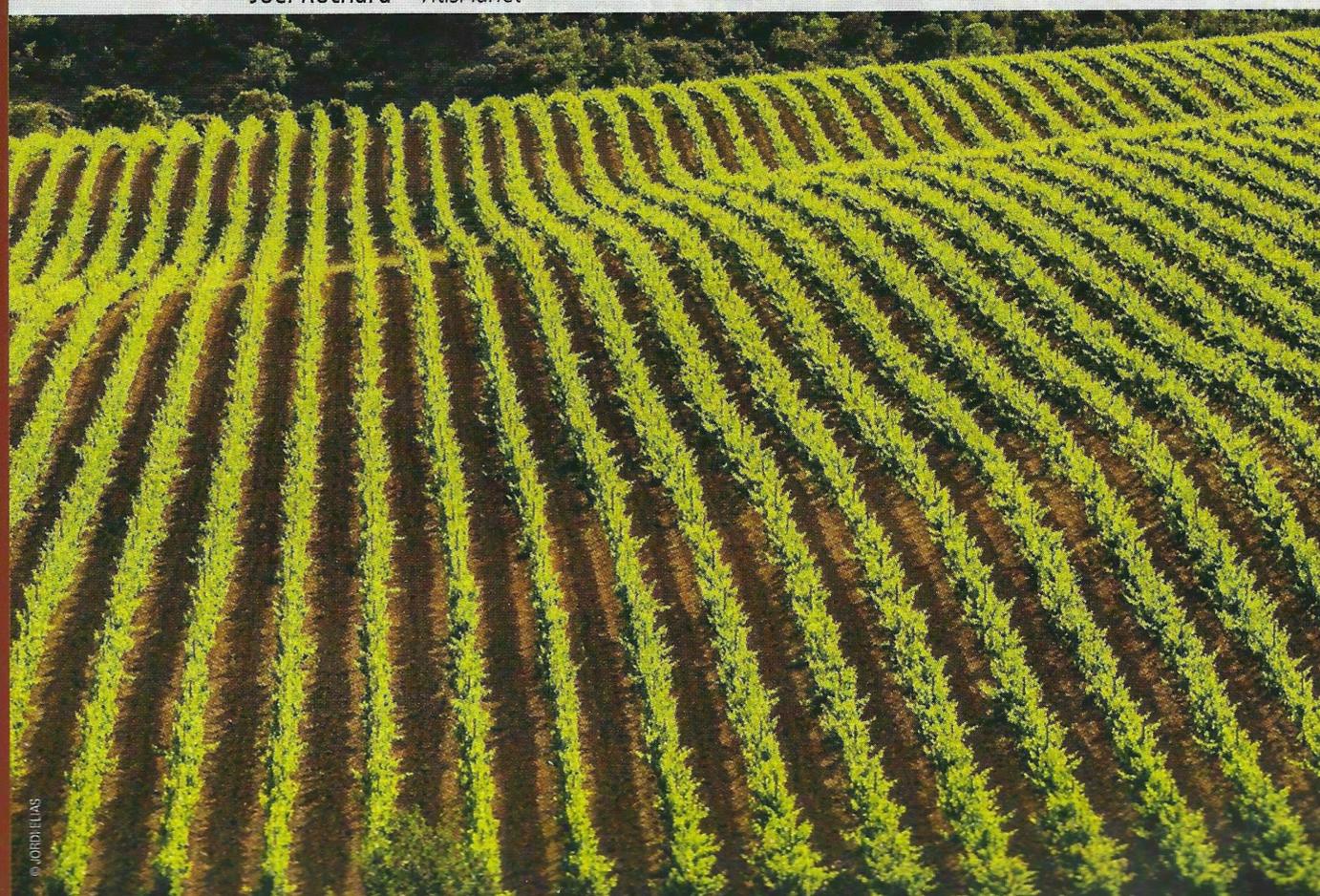


# Effet de serre changement climatique

**Enjeux pour le secteur viticole  
et stratégies internationales**

Joël Rochard – VitisPlanet

PAGE 19



© JORDI ELIAS

**VITICULTURE**

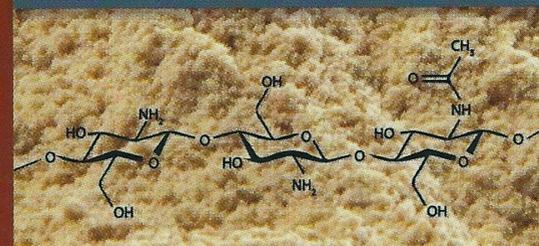


**Le retour à la vigne franche  
de pied est-il possible ?**

Page 12

*Mario Fregoni*  
Président honoraire de l'OIV.

**ŒNOLOGIE**



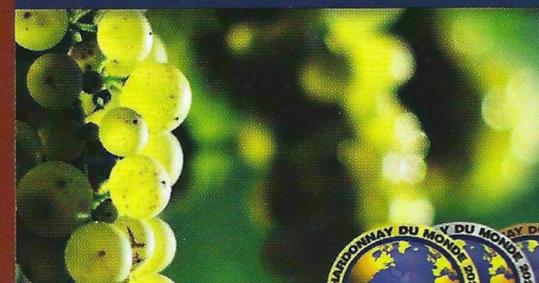
**Traitement des vins  
au chitosane fongique**

Origine de la variabilité des résultats pour  
l'élimination de *Brettanomyces bruxellensis*

Page 48

*Joana Coulon et al.*  
Microflora-ADERA – INRA – CNRS  
INRAe Supagro – BioLaffort – France.

**CONCOURS**



Tous les résultats  
**Chardonnay  
du Monde® 2021**

Page 34

[www.chardonnay-du-monde.com](http://www.chardonnay-du-monde.com)



# Effet de serre et changements climatiques

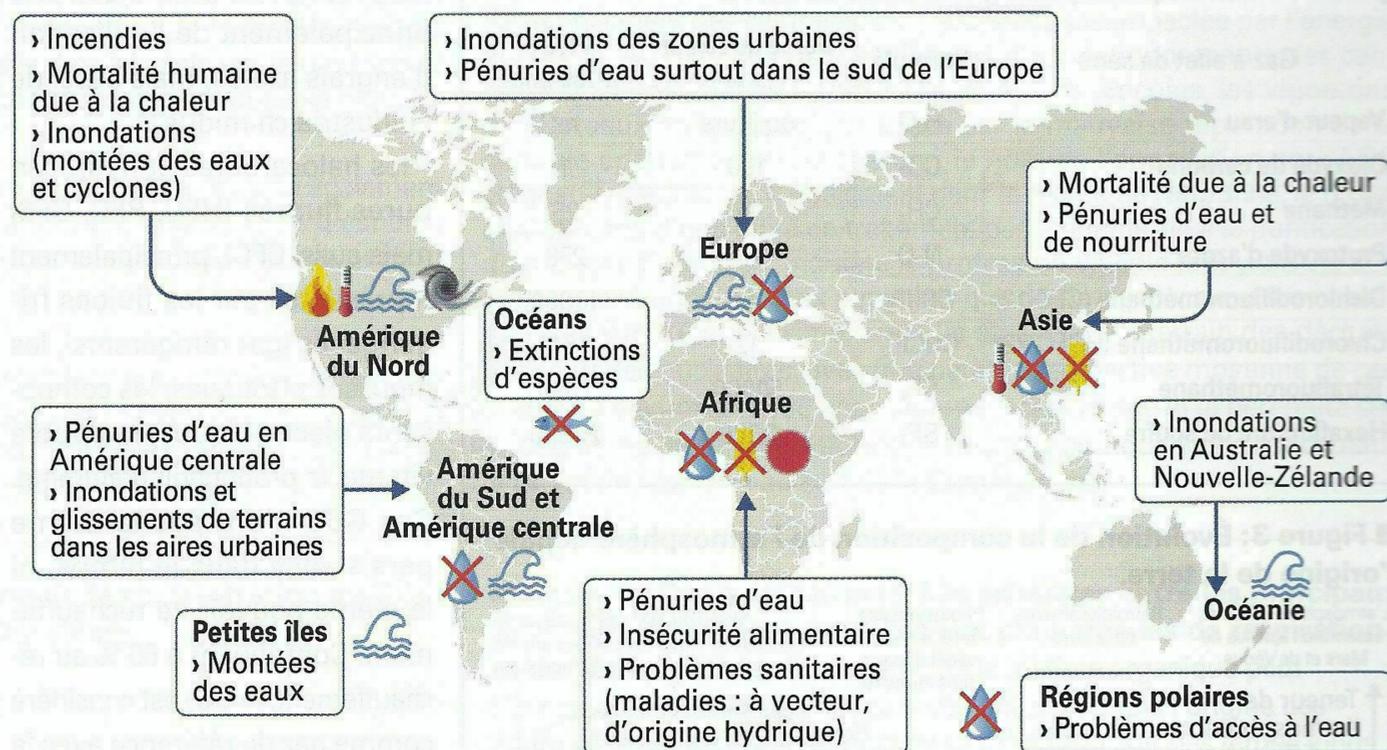
## Enjeux pour le secteur viticole et démarches internationales

Joël Rochard  
VitisPlanet.

### Introduction

Le climat est une des principales composantes de nos terroirs. Un scientifique Suédois, Svante Arrhenius, fut le premier à souligner dès 1896 que la combustion des combustibles fossiles pouvait conduire à un réchauffement global de la terre. Si un débat s'est instauré dès 1975 sur la contribution de l'homme, la communauté scientifique du Groupement Intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a progressivement validé ce lien étroit entre le réchauffement climatique et l'effet de serre ainsi que les causes anthropiques des changements observés et à venir. L'agriculture et la viticulture jouent un rôle important dans le cycle du carbone et plus globalement des différents gaz à effet de serre. En premier lieu, le secteur agricole contribue, par la photosynthèse, à fixer le gaz carbonique dans les plantes, les sols, les matières biosourcées. La substitution des bioénergies aux énergies fossiles permet de réduire le déstockage du carbone fossile avec un effet de puits de carbone. Parallèlement, les pratiques agricoles et viticoles émettent des gaz à effet de serre qui sont en majorité liés à des processus biologiques. Au-delà du méthane et du protoxyde d'azote, le gaz carbonique émis par la viticulture provient des carburants des tracteurs et machines à vendanger ainsi que des intrants tels que les engrais et les produits phytosanitaires. Il

■ **Figure 1:** Les impacts mondiaux des changements climatiques auront probablement des conséquences très importantes pour la filière viticole.



faut également ajouter les émissions indirectes de gaz à effet de serre liées aux matériaux de construction des bâtiments et à la fabrication des matériels. Aux impacts viticoles s'ajoute la transformation des raisins en vin avec notamment le processus œnologique, la climatisation des chais, le conditionnement, le transport, la distribution ainsi que les activités commerciales. Déjà maintenant, les modifications du climat ont des conséquences pour la viticulture, qui devraient s'accroître au cours des prochaines décennies (avancée des dates de vendange, diminution de l'acidité, augmentation du degré alcoolique, modification des zones de culture et de l'encépagement, etc.). En complément et parallèlement aux impacts sur les itinéraires techniques,

il est probable que la filière viticole soit directement concernée par les conséquences sociales, territoriales, sociétales, sanitaires et géopolitiques qui ne manqueront pas d'accompagner les changements climatiques à l'échelle mondiale (montée du niveau des mers, salinisation des sols, accentuation des périodes de sécheresse, des incendies, de la fonte des glaciers et des phénomènes extrêmes, migration des populations, déstabilisation des sociétés et des nations, etc.) (figure 1).

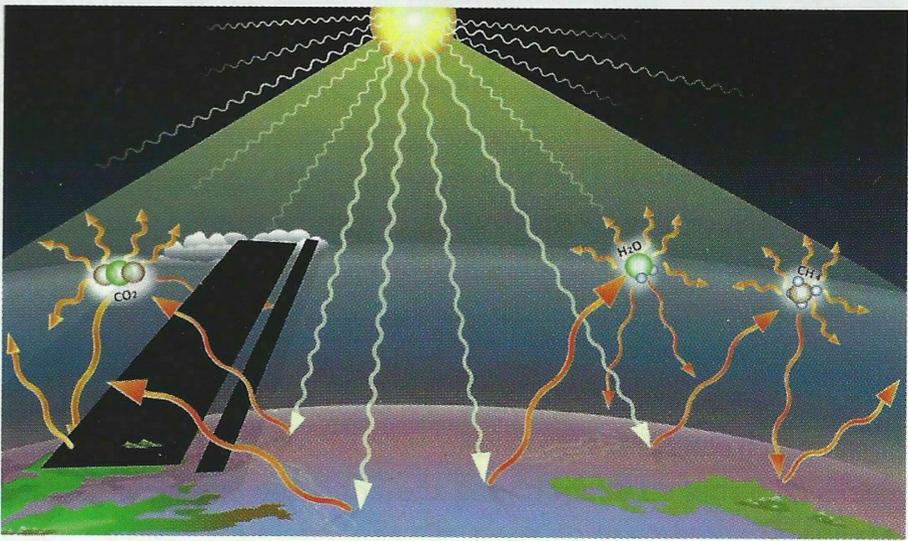
### Le mécanisme de l'effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel et vital, sans lequel la température à la surface de la terre serait approximativement de  $-18^{\circ}\text{C}$  au lieu d'environ  $+15^{\circ}\text{C}$  actuellement. Le rayonnement solaire traverse l'atmosphère et une partie de ce rayonnement est réfléchi par l'atmosphère et la surface de la Terre (se perdant ainsi dans l'espace), alors qu'une autre partie est absorbée par la surface terrestre et la réchauffe. L'énergie solaire est convertie en chaleur, renvoyant l'émission d'un rayonnement infrarouge vers l'atmosphère. Une partie du rayonnement infrarouge est absorbée et réémise par les molécules de gaz à effet de serre (GES); la surface de la Terre et la troposphère sont ainsi réchauffées (figure 2).

Les GES sont regroupés en 5 groupes principaux:

- la vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) liée à l'évaporation;

■ **Figure 2: Les gaz à effet de serre contribuent à une augmentation de la température moyenne de la planète.**



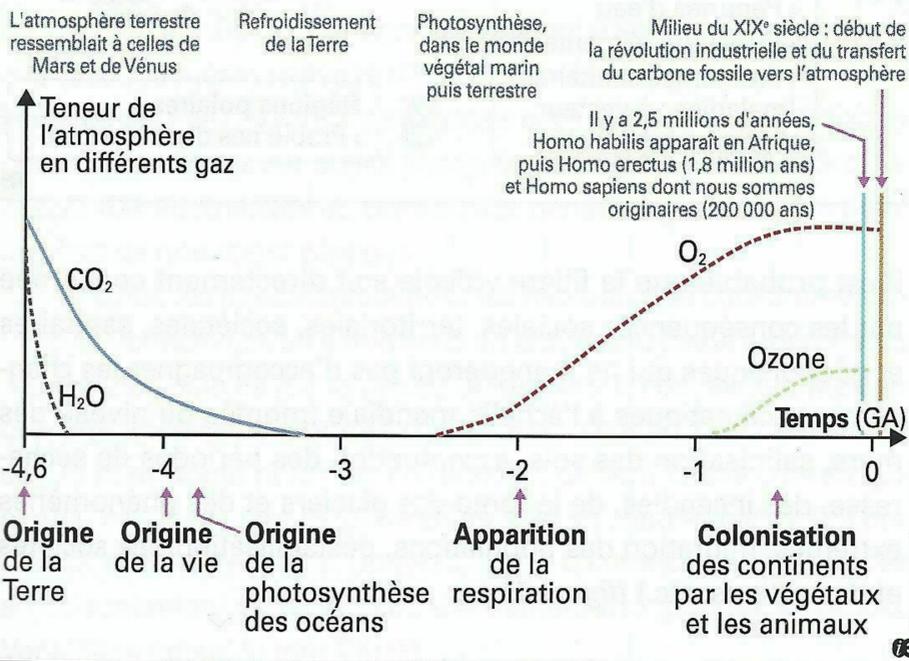
SOURCE: WIKIPEDIA © A LOOSE NECKTIE

■ **Tableau 1: Durée de séjour et potentiel de réchauffement global (PRG) des principaux gaz à effet de serre.**

Gaz à effet de serre	Formule	Durée de séjour (ans)	PRG à 100 ans
Vapeur d'eau	H <sub>2</sub> O	qq jours	ns
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	100	1
Méthane	CH <sub>4</sub>	12	25
Protoxyde d'azote	N <sub>2</sub> O	114	298
Dichlorodifluorométhane (CFC-12)	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	100	10900
Chlorodifluorométhane (HCFC-22)	CHClF <sub>2</sub>	12	1810
Tétrafluorométhane	CF <sub>4</sub>	50000	7390
Hexafluorure de soufre	SF <sub>6</sub>	3200	22800

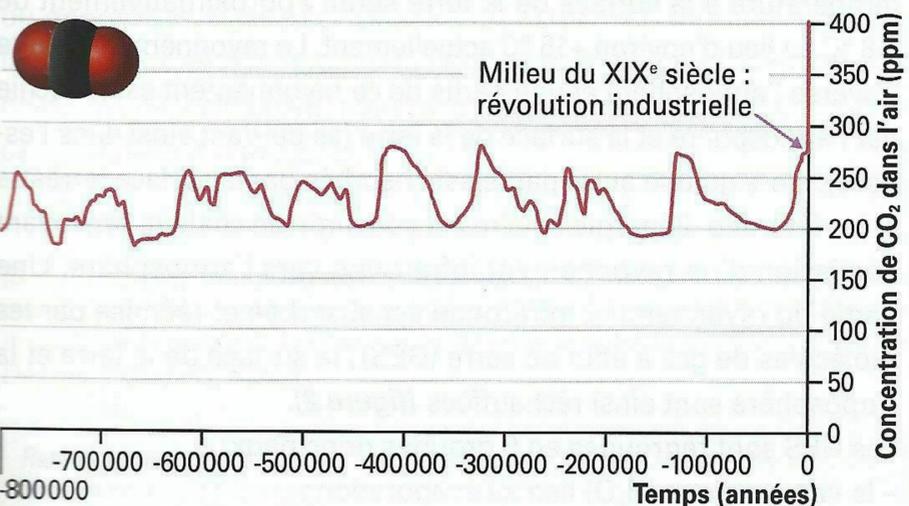
SOURCE: GIEC

■ **Figure 3: Évolution de la composition de l'atmosphère depuis l'origine de la terre.**



SOURCES: D'APRÈS J. ROCHARD

■ **Figure 4: Concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère depuis 800000 ans établie à partir de forages glaciaires et plus récemment de mesures à différents endroits de la Terre.**



SOURCES: O. BERRUYER, WWW.LES-CRISES.FR

– le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), provenant principalement de la combustion des énergies fossiles (charbon, gaz, carburants dérivés du pétrole), mais aussi de la déforestation (brûlage du bois coupé et diminution du prélèvement du CO<sub>2</sub> atmosphérique par les plantes);

– le méthane (CH<sub>4</sub>), provenant principalement de la dégradation anaérobie de la matière organique (fermentation des déchets et effluents organiques, etc.), des mines de charbon, de l'élevage de bovins, des rizières, etc.;

– le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), issu principalement de l'utilisation d'engrais azotés, mais aussi de l'industrie chimique;

– les halocarbures et hydrocarbures fluorés (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, mais aussi CFC), principalement représentés par les fluides frigorigènes (gaz réfrigérants), les mousses plastiques, les composants électroniques, le double vitrage, la production d'alumine. Ces GES n'ont pas la même persistance dans le temps, ni le même pouvoir de réchauffement. Contribuant à 60 % au réchauffement, le CO<sub>2</sub> est considéré comme gaz de référence avec la notion de potentiel de réchauffement global (PRG) (tableau 1).

### Évolution de la concentration de gaz carbonique au cours du temps

La composition de l'atmosphère terrestre a beaucoup évolué depuis sa formation, il y a 4,5 milliards d'années, jusqu'à nos jours. L'atmosphère primitive a subi de multiples transformations, en relation notamment avec l'évolution de la vie, qui ont donné naissance à l'atmosphère actuelle riche en O<sub>2</sub>. On suppose que l'agglomération de poussières issues des météorites a donné naissance à la Terre. À partir de ces matériaux, notre planète a subi un dégazage important qui a conduit à la naissance d'une atmosphère primitive. L'étude des gaz recueillis lors d'éruptions

volcaniques et la mesure de la proportion des gaz contenus dans certaines météorites soulignent la présence de vapeur d'eau, d'une faible quantité de CO<sub>2</sub> et d'azote, mais sans oxygène. Dès la fin de la phase d'accrétion, la Terre, grâce à son positionnement optimal vis-à-vis du soleil, a connu un refroidissement au cours duquel la vapeur d'eau s'est condensée, permettant ainsi la formation d'eau liquide à l'origine des premiers océans. Le passage de l'eau, de l'état gazeux à l'état liquide, entraîna la dissolution d'une grande partie du CO<sub>2</sub>, sous forme d'ions carbonates HCO<sub>3</sub>, et sa précipitation fut à l'origine de la formation des roches carbonatées CaCO<sub>3</sub> (origine des bassins sédimentaires calcaires). Il y a environ 3,5 milliards d'années, la diversification des espèces photosynthétiques et leur prolifération, par une photosynthèse de plus en plus active, ont induit une fixation de plus en plus importante de CO<sub>2</sub>, avec en parallèle une libération accrue d'oxygène dans l'atmosphère. La présence d'oxygène dans la haute atmosphère a progressivement permis la formation d'une couche d'ozone (O<sub>3</sub>), protectrice contre les UV, permettant l'apparition, puis la diversification d'une vie hors de l'eau. Le développement de la vie terrestre associé à la photosynthèse, à l'activité microbiologique des sols, à l'émergence de forêts, importantes sources de stockage de carbone, a contribué à la fois à une réduction puis une stabilisation de la concentration en CO<sub>2</sub> ainsi qu'à la concentration actuelle en oxygène. Si celles-ci ont connu des variations au cours du temps, en lien avec l'évolution naturelle du climat, liée majoritairement à des aspects astronomiques, c'est seulement depuis quelques décennies que l'homme, par la consommation d'énergie fossile et la déforestation, contribue à une augmentation très significative du CO<sub>2</sub>, sur un temps très court comparativement à l'histoire de la terre (figure 3).

■ **Encadré 1 : Le mythe écologique du tout électrique.**

L'électricité est souvent mise en avant dans les approches écologiques vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie. Son intérêt est d'associer différentes sources d'énergie et notamment celles renouvelables, mais comme toute activité humaine, sa production comporte des impacts potentiels. Il est intéressant d'évaluer les impacts environnementaux des différentes sources à partir d'une analyse de cycle de vie, qui prend en compte l'ensemble des activités interagissant dans le cycle de vie du produit, à partir de l'extraction des matières premières, le transport, la phase de fabrication, la distribution et l'utilisation, jusqu'à la fin de vie.

**Électricité fossile**

Contrairement aux énergies renouvelables ou au nucléaire, l'électricité produite à partir de d'énergies fossiles génère beaucoup d'émissions de gaz à effet de serre. C'est en fait un transfert vers l'atmosphère du carbone capté par la photosynthèse et stocké sous terre pendant de très longues périodes.

**Électricité éolienne**

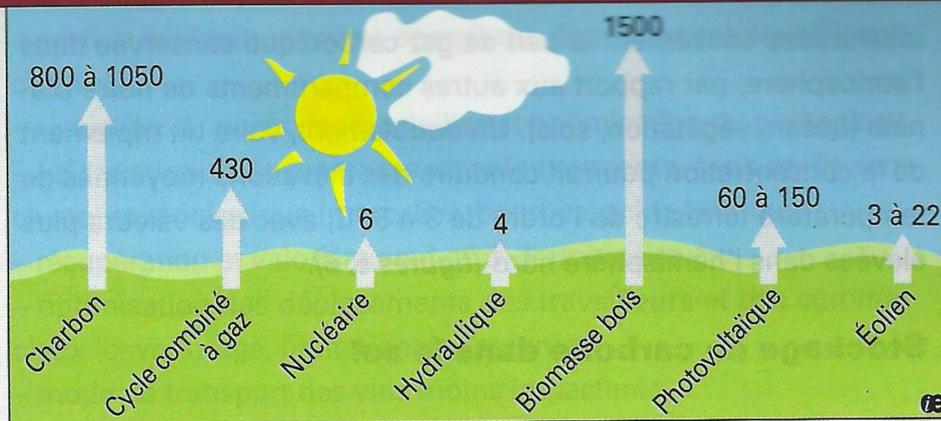
La production d'électricité issue de la filière éolienne est l'une des plus « vertes » du mix électrique. En effet, elle n'émet pas de CO<sub>2</sub> directement. Il est toutefois important de prendre en compte le bilan carbone de son cycle de vie qui varie évidemment en fonction de la localisation du parc éolien et de la technologie utilisée. Les impacts sur le paysage et la biodiversité doivent également s'intégrer dans une analyse globale.

**Photovoltaïque**

Autant plébiscité que l'éolien, le photovoltaïque est à l'origine également de certains impacts potentiels et notamment l'occupation d'espace, l'impact paysager, l'utilisation de matériaux rares, ainsi que la gestion finale des déchets.

**Électricité hydraulique**

L'électricité d'origine hydraulique a un faible niveau d'émission, variable selon notamment la puissance installée et les infrastructures nécessaires à la production. Néanmoins, les impacts écologiques associés à la création des barrages doivent également être pris en compte.

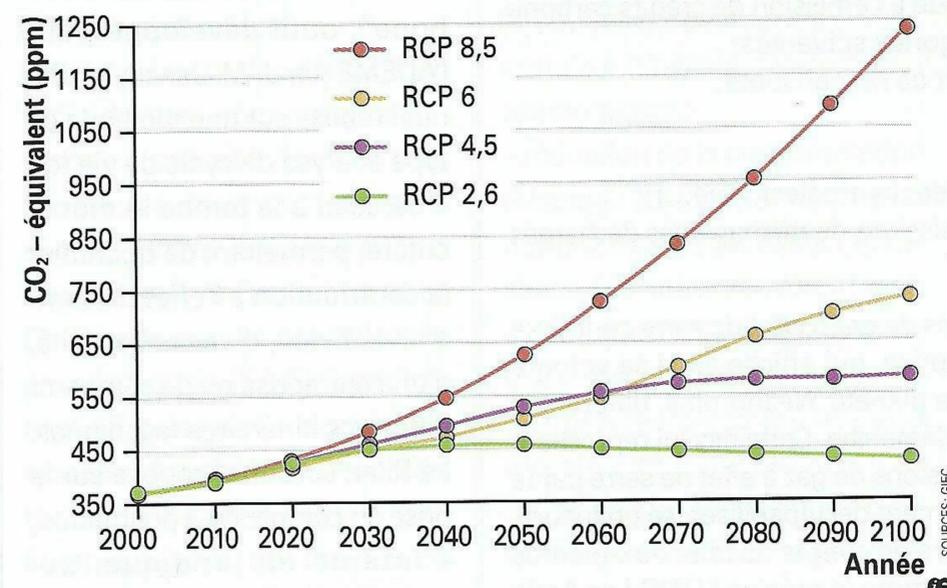


Émissions de CO<sub>2</sub> g/kWh selon les modes de production de l'électricité à partir d'une analyse du cycle de vie (source : www.ademe.fr).

**Nucléaire**

Une centrale nucléaire émet peu de CO<sub>2</sub> pendant la production, mais l'analyse doit également intégrer l'extraction de la matière première, la construction et la gestion des déchets. La valeur de 6 g par kilowattheure, souvent retenue en France, est contestée par le GIEC qui propose 12 g CO<sub>2</sub>/kWh et des études internationales soulignent des valeurs supérieures. Par ailleurs, de nombreuses incertitudes portent sur le processus de démantèlement des centrales. La viticulture a été impactée par l'énergie nucléaire. Au-delà des risques liés aux dysfonctionnements des centrales qui concernent de nombreuses régions viticoles, les vignerons des Coteaux du Tricastin, pénalisés par la mauvaise réputation de la centrale éponyme, ont dû changer le nom de l'appellation en « AOC Grignan-les-Adhémar ». Également dans la région de Narbonne, le projet d'installation d'une unité de traitement des effluents, lié à la purification du minerai d'uranium, inquiète la profession viticole tant vis-à-vis des impacts environnementaux potentiels que de l'image locale et ses conséquences sur l'œnotourisme. Enfin, le stockage souterrain des déchets des centrales nucléaires, avec une période radioactive moyenne de ces déchets d'environ 250 000 ans, peut menacer l'image et la pérennité sur le long terme de certains terroirs, avec certaines inquiétudes concernant le projet de stockage au sud de la Champagne.

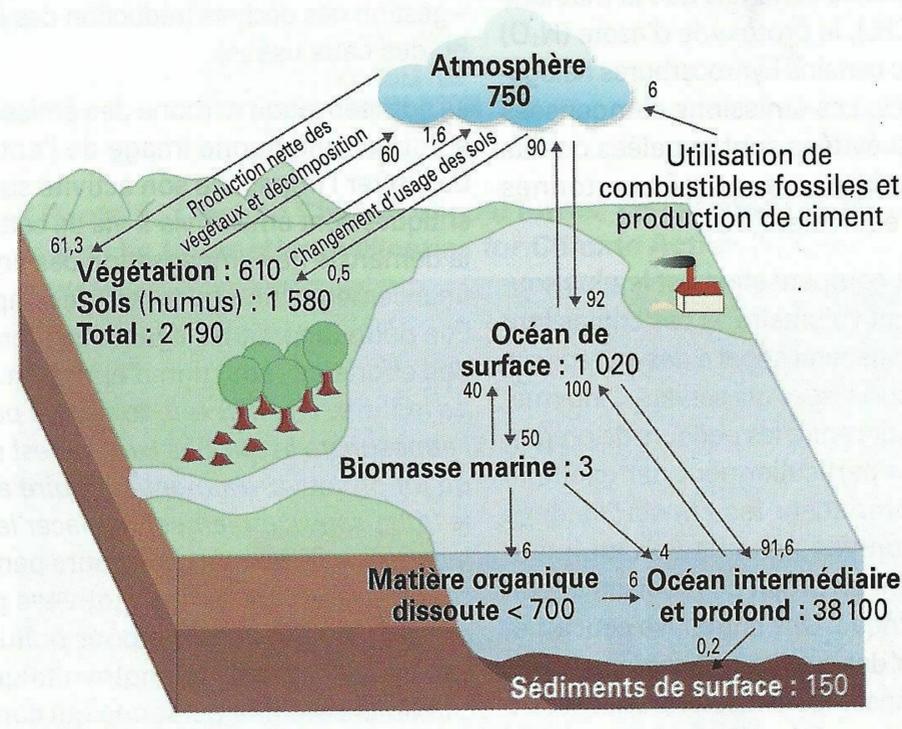
■ **Figure 5 : Scénarios de l'évolution de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.**



L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie et, aujourd'hui, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont les plus élevées jamais observées (400 ppm par rapport à 280 ppm avant la révolution industrielle). Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des

décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, et le niveau des mers s'est élevé. Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Les années 1980 à 2020 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère nord depuis 1 400 ans (figure 4).

■ **Figure 6 : Cycle du carbone. Les échanges entre les principaux réservoirs de carbone sont liés aux phénomènes de respiration et de photosynthèse.** Une partie de la matière organique peut s'accumuler dans les profondeurs de l'océan et être à l'origine des énergies fossiles. Ces phénomènes se produisent sur des temps longs à l'échelle humaine. Mais la combustion des énergies fossiles transfère progressivement vers l'atmosphère le carbone stocké pendant des millions d'années dans les gisements de pétrole, gaz et charbon.



La concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère poursuivra probablement son augmentation au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Les incertitudes portent notamment sur notre capacité à réduire nos impacts (énergies fossiles et déforestation notamment), et à mettre en œuvre un stockage du carbone. Parallèlement, en fonction des quantités rejetées, certaines

incertitudes concernent la part de gaz carbonique conservée dans l'atmosphère, par rapport aux autres compartiments de notre planète (océan, végétation, sols). Un doublement, voire un triplement de la concentration pourrait conduire des élévations moyennes de température terrestre de l'ordre de 3 à 5 °C, avec des valeurs plus élevées dans l'hémisphère nord (*figures 5, 6*).

### Stockage de carbone dans le sol

#### Estimation du stock de carbone selon l'occupation du sol (dans les 30 premiers centimètres).

En France métropolitaine, les stocks de carbone organique dans la couche superficielle des sols (0-30 cm) sont évalués à environ 3,2 milliards de tonnes. Ce carbone organique provient de la

décomposition des végétaux ou des amendements organiques. Cette décomposition (qui émet du CO<sub>2</sub>) dépend des conditions du milieu (aération, humidité, localisation de la matière organique dans le sol, température...), des pratiques agricoles (labour, gestion des couverts et des résidus de récolte...), et de l'occupation du sol. Ainsi, le stock de matière organique est en moyenne élevé dans les forêts et les prairies (environ 80 t

C/ha), moyen dans les vergers et cultures (50 t C/ha) et assez faible en viticulture (35 t C/ha), avec néanmoins des variations significatives selon la gestion des sols.

L'évolution du stock de carbone organique dans les sols résulte de l'équilibre entre les apports de matières organiques végétales au sol et leur minéralisation. Le sol représente le plus grand réservoir de carbone de la biosphère continentale, contenant environ deux fois le stock de carbone atmosphérique et trois fois le stock de carbone contenu dans la végétation. Ainsi une augmentation des stocks de carbone organique des sols cultivés peut jouer un rôle significatif dans la limitation des émissions nettes de gaz à effet de serre.

#### ■ Encadré 2 : La compensation carbone : de l'opérationnel à la bonne conscience.

La compensation carbone consiste à contrebalancer ses propres émissions par le financement de projets de réduction d'autres émissions de CO<sub>2</sub> ou de séquestration de carbone. Elle est utilisée dans le cadre général de l'atténuation du réchauffement climatique pour atteindre la neutralité carbone, quand il n'est pas possible de réduire ses propres émissions ou qu'il est plus économique de procéder à une réduction équivalente ailleurs. Elle s'appuie sur le principe d'universalité du CO<sub>2</sub> qui contribue à l'effet de serre quel que soit l'endroit où il a été émis. Elle s'applique essentiellement au CO<sub>2</sub>, mais peut également concerner les émissions d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ou certains hydrocarbures halogénés. Les émissions compensées ou évitées sont appelées crédits carbonés, exprimés en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>.

La compensation est le plus souvent volontaire, et ces entités font en général appel à des entreprises spécialisées qui servent d'intermédiaire entre les porteurs de projets. Un particulier peut par exemple compenser les émissions liées à un voyage en avion en finançant un projet de reboisement en Afrique. Une entreprise peut acheter des crédits carbone pour compenser les émissions attachées à ses produits ou services.

Un marché de la compensation carbone volontaire pouvant permettre d'éviter, de réduire ou de séquestrer le CO<sub>2</sub> a été créé depuis les années 2000. Les projets couvrent la plupart des moyens mis en œuvre pour atténuer le

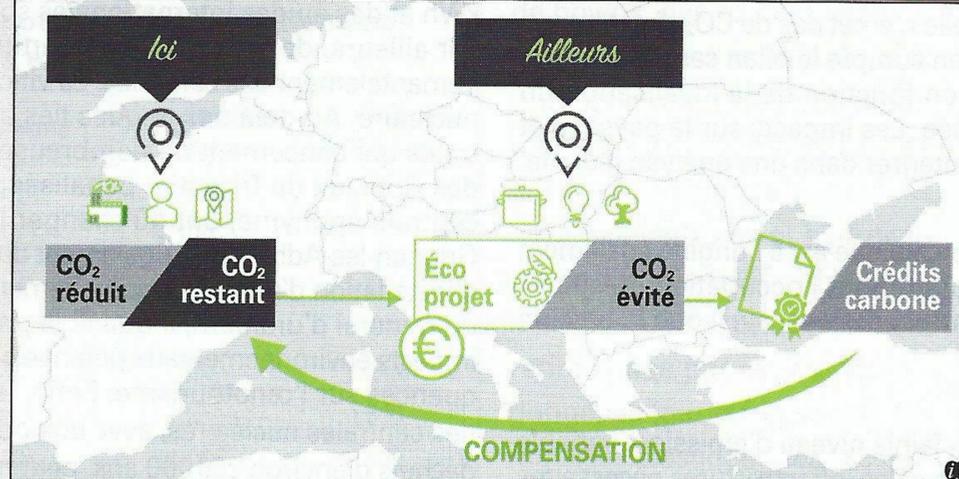


Schéma de principe de la compensation carbone (sources : [www.info-compensation-carbone.com](http://www.info-compensation-carbone.com)).

réchauffement climatique, aussi bien par la réduction des émissions de GES que par l'élimination du CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère. Depuis 2005, les projets qui ont le plus contribué à l'émission de crédits carbone peuvent être regroupés dans les catégories suivantes :

- efficacité énergétique et changement de combustible ;
- forêts et utilisation des sols ;
- procédés industriels ;
- énergies renouvelables (solaire, éolien, hydroélectrique...);
- gestion des déchets (réduction des émissions de méthane des décharges ou des eaux usées).

La compensation carbone des émissions de gaz à effet de serre contribue à donner une bonne image de l'entreprise, qui affiche ainsi sa volonté de limiter l'impact de son activité sur la planète. Néanmoins, différentes critiques sont émises vis-à-vis de cette démarche. Certaines lui reprochent la démarche de compensation des émissions de gaz à effet de serre par le financement d'un projet vert, de simplement déculpabiliser les pollueurs. Elle dédouanerait les agents acquéreurs de crédits de faire eux-mêmes des efforts de réduction d'émission. Comme le précise l'ONG Les Amis de la Terre, « brûler une tonne de pétrole et mettre en circulation dans l'atmosphère le carbone contenu est une action certaine alors qu'imaginer qu'un projet va vraiment conduire à une réduction des émissions dans le futur, sans simplement déplacer le problème ailleurs par exemple, est incertain ». Différents chercheurs pensent que les personnes qui utilisent cet outil, seraient moins motivées pour réduire leurs émissions, sous prétexte qu'elles payent pour polluer. Par exemple, une structure qui a installé un panneau photovoltaïque peut consommer plus d'électricité ou encore une personne qui compense ses déplacements et moins motivée pour éviter l'avion. En complément, les projets financés doivent démontrer que les quantités de carbone non émises ou séquestrées ne l'auraient pas été sans leur existence. Enfin, la génération de crédits carbone ne doit pas se faire au détriment d'autres impacts sociaux ou environnementaux. Par exemple, un projet de reforestation avec une seule espèce peut conduire à des pertes de biodiversité comparativement aux écosystèmes forestiers traditionnels. Ainsi la compensation ne peut se justifier que dans le cadre d'un projet durable plus global.

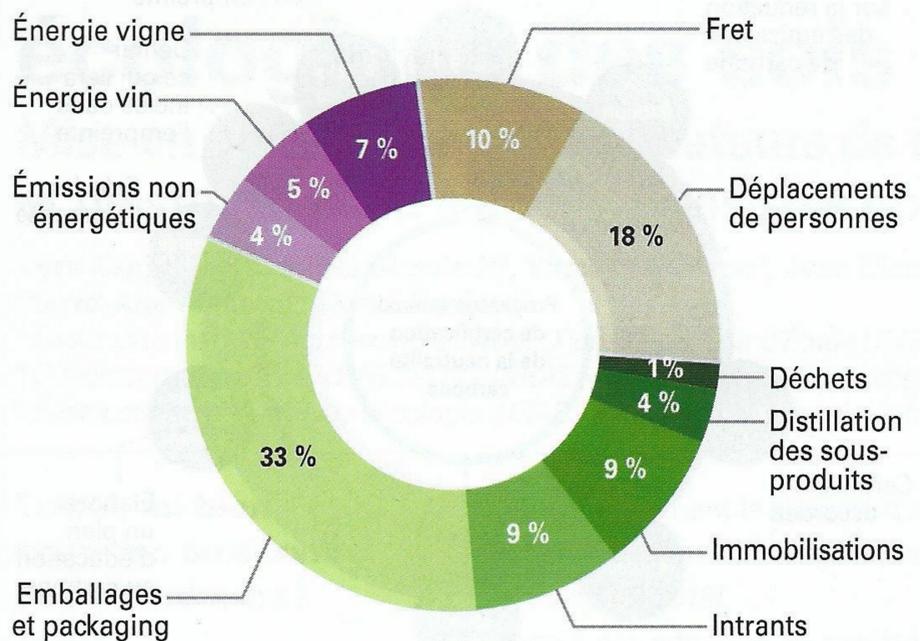
### Stratégie viticole française

En France, à partir des années 80, dans le prolongement de démarches environnementales plus globales, plusieurs dizaines de caves ont réalisé leur Bilan carbone®, outil développé pour l'ADEME par J.-M. Jancovici. Cet outil repose sur une méthode de type analyse de cycle de vie (du « berceau à la tombe ») monocritère, permettant de quantifier la contribution à l'effet de serre d'un individu, d'une collectivité, d'une entreprise ou de comparer différents itinéraires techniques. Le Bilan carbone® repose sur la prise en compte de 3 périmètres :

- **interne ou juridique**, qui concerne les émissions directes, qu'elles soient énergétiques (liées à l'utilisation d'énergie, fossile ou électrique) ou non énergétiques (engrais azotés, fuites éventuelles de fluides frigorigènes, utilisation de CO<sub>2</sub> exogène, etc.);
- **intermédiaire ou émissions ajoutées**, intégrant le fret interne et fret vers les clients, les déplacements des clients vers l'exploitation, les transports domicile-travail des salariés, les transports liés aux missions des salariés, la

### ■ Figure 7: Principaux postes du Bilan carbone® champenois.

La Champagne s'est mobilisée dès 2003 par une mesure précise de son empreinte carbone avec une identification des postes d'émissions les plus importants. Un « plan climat » qui se poursuit, a permis de baisser l'empreinte carbone par unité de bouteille de 15 % entre 2003 et 2013.



SOURCE: WWW.CHAMPAGNE.FR

fabrication des intrants (y compris l'achat de raisin, de moût ou de vin), ainsi que l'ensemble des services achetés;

– **global** avec la prise en compte exhaustive de l'ensemble des émissions, parmi lesquelles le transport des intrants, l'amortissement des bâtiments, la gestion des sous-produits, déchets et eaux usées, ainsi que l'amortissement des immobilisations.

En complément des démarches individuelles, des « plans climats », ont été établis par plusieurs interprofessions régionales et notamment la Bourgogne, le Bordelais et la Champagne, avec des objectifs de réduction de 15 à 20 % de l'impact effet de serre en quelques années. Au-delà des aspects techniques, des processus d'accompagnement ont été mis en place par les structures viticoles (autodiagnostic, démarche de management collectif, action de formation et de sensibilisation, aides techniques et financières pour réaliser les diagnostics et les plans d'action, etc.). Par ailleurs, l'effet de serre a été associé à une stratégie plus large de développement durable (biodiversité, déchets, valorisation des sous-produits, réduction des pesticides, écoconception des produits et des caves). Enfin, des programmes d'expérimentation

et de recherche ont été développés pour intégrer l'effet de serre et le développement durable dans les évolutions de la filière (robotisation, optimisation technologique, alternative aux énergies fossiles, développement de produits biosourcés, etc.). Les principaux aspects opérationnels de ces démarches sont les suivants:

- limitation de l'énergie fossile dans les itinéraires viticoles et œnologiques;
- réduction de la consommation d'énergie fossile des tracteurs et des machines à vendanger (puissance, biocarburant, électrique);
- réduction des émissions de protoxyde d'azote des sols;
- stratégie de gestion des sols avec un objectif de puits de carbone (enherbement, gestion de la matière organique, microbiologie);
- réduction de l'impact énergétique des dispositifs de lutte contre le gel de printemps;
- optimisation des processus œnologiques et économie d'énergie dans les procédés d'élaboration;
- bilan énergétique et adaptation des bâtiments (isolation, énergies alternatives, utilisation de la biomasse);
- efficacité énergétique et approche bioclimatique pour les nouvelles caves;

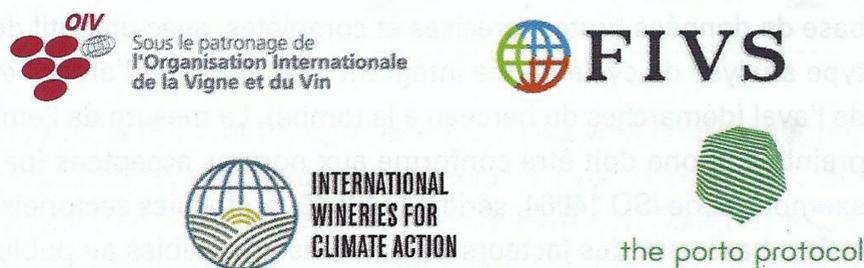
- gestion écologique moins énergivore du traitement des effluents de cave;
- réduction du poids des bouteilles et optimisation du packaging;
- valorisation de la biomasse viticole (sarments, ceps après arrachage) et œnologique (marc, lies, bourbes, acide tartrique);
- récupération et valorisation du CO<sub>2</sub> fermentaire;
- optimisation des déplacements des travailleurs et des commerciaux (covoiturage, limitation de l'avion);
- mode de transport des vins moins impactant;
- substitution des intrants et fournitures, dont les constituants sont d'origine fossile, par des produits « biosourcés »;
- politique d'achat responsable de biens et services avec une faible empreinte climatique;
- intégration de l'enjeu « effet de serre » et plus globalement durable dans les stratégies œnotouristiques (figure 7).

### Stratégies viticoles internationales

Différentes instances viticoles internationales ont développé des outils et des protocoles, pour limiter l'impact de l'effet de serre (figure 8). Par ailleurs, des fondations ou associations ont été créées pour aider la filière viticole à lutter contre les changements climatiques. Quelques exemples sont présentés ci-dessous:

- **protocole de calcul des émissions de gaz à effet de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV)** ([www.oiv.int](http://www.oiv.int)). Afin de définir les principes de calcul des émissions et de séquestration des gaz à effet de serre, exprimés en équivalents de CO<sub>2</sub>, dans le domaine de la vigne et du vin avec une harmonisation internationale, l'OIV a publié un protocole destiné aux États membres et aux acteurs de la filière viticole;

### ■ Figure 8: Différentes instances viticoles internationales pour limiter l'impact de l'effet de serre.



### ■ Photo 1: Cave au Chili de Miguel Torres, co-initiateur de la démarche International Wineries for Climate Action (IWCA).



SOURCE: JOËL RICHARD.

– **protocole sur les gaz à effet de serre de la Fédération internationale des vins et spiritueux (FIVS)** ([www.fivs.org](http://www.fivs.org)). Ce protocole international sur les gaz à effet de serre dans le secteur du vin est conçu pour être un complément international spécifique à l'industrie du vin aux normes de comptabilité et de reporting des entreprises ;

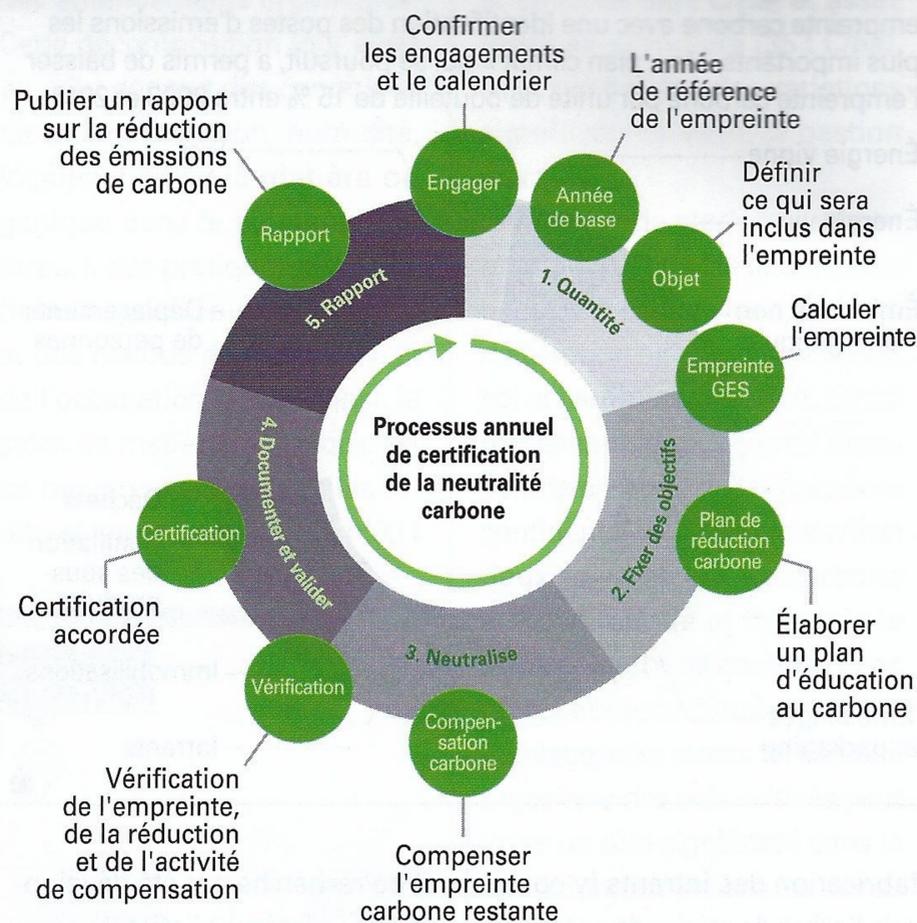
– **International Wineries for Climate Action (IWCA)** ([www.iwcawine.org](http://www.iwcawine.org)). Cette démarche, initiée par Familia Torres et Jackson Family Wines, repose sur un groupe de travail collaboratif de vignobles respectueux de l'environnement, axé sur une approche scientifique visant à réduire les émissions de carbone dans l'industrie du vin. L'objectif de l'IWCA est de partager les meilleures pratiques qui atténuent les impacts climatiques dans les exploitations viticoles et vinicoles, afin d'agir collectivement pour décarboner le secteur mondial du vin avec des solutions directes évitant de compenser les crédits carbone. Le projet vise à sensibiliser sur l'urgence de la lutte contre les effets du changement climatique en s'appuyant sur des inventaires d'empreinte des émissions de gaz à effet de serre (GES) complétés par des stratégies de réduction des émissions ;

– **The Porto Protocol** ([www.portoprotocol.com](http://www.portoprotocol.com)). Cette institution d'entreprise à but non lucratif, fondée par Taylor's Port, compte des centaines de membres, unis par un engagement contraignant à apporter une plus grande contribution à l'atténuation du changement climatique. Elle a été créée avec la conviction qu'un partage des succès et expériences aboutit à une réponse plus efficace pour limiter les changements climatiques. Le projet repose sur une plateforme ouverte et partagée, un lieu d'inspiration pour le changement et le partage collaboratif, une base de données dynamique de ressources et de solutions réalisables dans le monde entier ;

– **labels internationaux « Bas Carbone » (figure 9)**. Il existe de nombreuses démarches de type « bas carbone » appelées parfois abusivement « zéro carbone » et associées à des labels, qui certifient une réduction de l'impact effet de serre associée à des crédits carbone. Le processus intègre plusieurs étapes :

- **évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES)** sur la base de données brutes, précises et complètes, avec un outil de type analyse de cycle de vie intégrant une vision de l'amont et de l'aval (démarches du berceau à la tombe). La mesure de l'empreinte carbone doit être conforme aux normes acceptées (par exemple, série ISO 14064, série ISO 14040, protocoles sectoriels) et être basée sur des facteurs d'émissions accessibles au public et pertinents au niveau national provenant de sources réputées et reconnues,
- **engagement de réduction des émissions** avec mise en œuvre d'un plan de réduction de carbone et une déclaration d'engagement vis-à-vis de la neutralité. Le plan doit identifier les mesures de réduction des émissions à prendre en compte avec un échéancier,
- **réduction et identification des domaines** pour lesquels une réduction de l'impact effet de serre est possible, pour l'ensemble des itinéraires techniques et commerciaux,
- **identification des processus**, produits ou services pour lesquels des alternatives plus faibles en impact carbone peuvent être envisagées, notamment concernant les intrants, la logistique et le packaging,
- **compensation des émissions** de gaz à effet de serre résiduelles avec l'achat de crédits carbone certifiés,
- **documentation et validation de la démarche** avec une déclaration conforme aux normes de la neutralité,
- **divulgaration publique** de toute la documentation qui valide la déclaration de neutralité carbone, sur le site Web ou d'autres supports de communication.

■ **Figure 9 : Schéma de principe d'une stratégie « bas carbone ».**



## Conclusion

L'histoire de l'humanité, associée au développement des sciences, s'inscrivait jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle dans un contexte expansionniste. Toute avancée scientifique et technologique offrait de nouvelles perspectives de développement, qui semblaient sans limite. Force est de constater maintenant que les capacités d'adaptation de notre planète ne sont pas infinies. Ainsi, au-delà des impacts locaux, nos terroirs et chacun d'entre nous, seront demain soumis à un effet de boomerang planétaire, directement lié à l'effet cumulatif de nos comportements individuels. Les changements climatiques vont profondément impacter la filière viticole, et plus globalement notre planète, au cours des prochaines décennies. Notre secteur représente une part très faible à l'échelle mondiale sur l'effet de serre, mais c'est l'accumulation de nombreux impacts mineurs qui aboutit à une augmentation significative de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Au-delà des stratégies d'adaptation aux variations climatiques, il

est important que le monde du vin se mobilise dans un premier temps pour mesurer les impacts sur l'effet de serre, individuels et collectifs, avec des outils de type analyse de cycle de vie. Ensuite il est indispensable de mettre en œuvre des plans d'action tant d'un point de vue technique que vis-à-vis de l'organisation et la logistique, avec éventuellement au final des mesures de compensation sur la base de crédits carbone fiables. Concernant les conséquences sur le long terme, liées en particulier aux nouvelles plantations et la création de caves, il est nécessaire dès à présent d'anticiper et d'intégrer l'effet de serre et plus globalement le développement durable dans les choix de conception et d'aménagement. Par ailleurs, le secteur viticole doit être conscient que, à l'image des enjeux actuels réglementaires et médiatiques vis-à-vis des pesticides, l'accélération probable des changements climatiques renforcera au cours des prochaines décennies la pression sociétale vis-à-vis de l'effet de serre, avec des contraintes croissantes, mais peut-être aussi des opportunités, pour nos vignobles et nos caves. ■

SPÉCIAL DAVAYÉ

# [ Forum de Davayé ] Optimisation thermique de bâtiments vinicoles et exemples de réalisations

Par Joël Rochard - VitisPlanet

CAHIER TECHNIQUE

2

## INTRODUCTION

L'homme a vu sa consommation énergétique augmenter avec une croissance exponentielle depuis la période primitive. De quelques milliers de calories (besoin alimentaire), la consommation quotidienne individuelle atteint actuellement plus de 250 000 kilocalories dans la civilisation technologique moderne (consommation domestique, industrielle et agricole, transport). La viticulture comme l'agriculture a développé la mécanisation depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle. Mais au-delà de la consommation énergétique directe (tracteurs, machines à vendanger les produits viticoles intermédiaires (engrais, produits de protection des plantes) génèrent un accroissement énergétique. Concernant l'œnologie, les vigneronns connaissaient souvent par empirisme l'importance des aspects thermiques au cours de l'élaboration d'un vin. Tous les moyens qui permettaient de bénéficier de la fraîcheur ou de la chaleur naturelle étaient utilisés (caves souterraines, ouverture des celliers pendant l'hiver, soupirail orienté en fonction de l'exposition ou des vents dominants). Par ailleurs, le froid hivernal était privilégié pour assurer la stabilisation tartrique des vins.



Maison vigneronne traditionnelle de Bourgogne. Source : encyclopédie touristique des vins de France, Editions Hachette, 1994.

## 1 Les principaux effets thermiques utilisés en œnologie sont les suivants :

### REFROIDISSEMENT :

- Optimisation de la sédimentation
- Réduction de l'activité enzymatique (oxydation, vieillissement)
- Limitation de la volatilisation (fermentation alcoolique, vieillissement en fût)
- Régulation du métabolisme fermentaire (vins blancs)
- Limitation de la multiplication des micro-organismes (risque de maladie, blocage de la fermentation)
- Précipitation des sels de l'acide tartrique
- Formation de glace (cryoextraction)

### CHAUFFAGE :

- Augmentation de la multiplication bactérienne et levurienne (fermentation alcoolique et malolactique)
- Optimisation des processus d'extraction et de diffusion (tanins, matières colorantes)
- Destruction des micro-organismes (pasteurisation)

Autrefois, les vinifications restaient très dépendantes du cycle immuable des saisons et des conditions météorologiques de l'année. Mais depuis quelques années, les impératifs qualitatifs, la nécessité d'assurer une parfaite stabilité biologique et physico-chimique des vins, la réduction des cycles de vinification, l'implantation des chais en surface tendent à généraliser les applications thermiques tout au long de l'élaboration des vins.

TEMPÉRATURE	
Zones techniques et d'accueil	17 à 22°C
Chais à barriques	12 à 15°C
Chais à bouteilles	12 à 15°C
Pour le vin	16 à 18°C
Stockage en cuve	12 à 15°C (18 à 20°C pour la fermentation malolactique et -4 à 0°C pour la stabilisation tartrique)

Températures optimales des lieux de production

Le choix d'une température optimale au cours d'une étape de la vinification représente souvent un compromis entre les actions favorables et défavorables des effets thermiques sur le vin.

Ces traitements (stabilisation tartrique, pasteurisation, etc.) varient sensiblement selon les types d'élaboration. Parallèlement au choix d'une température optimale, l'utilisation d'échangeurs permet de limiter les besoins thermiques. Le vin traité par le froid (ou la chaleur) apporte une partie de ses frigories (ou de ses calories) au vin à traiter. Traditionnellement les caves et parfois les cuveries de conservation étaient creusées dans le sous-sol, ce qui permettait d'obtenir une bonne régularité de la température (12 à 15°C). Cependant, ce type d'implantation conduit parfois à un excès d'hygrométrie justifiant l'utilisation d'un déshumidificateur.

### PRINCIPE DU BILAN CARBONE (schéma lamy-environnement.com)



**SCOPE 1 : Emissions directes de GES**  
induites par la combustion d'énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon, tourbe...) de ressources possédées ou contrôlées par l'organisme.

**SCOPE 2 : Emissions indirectes de GES**  
induites par l'achat ou la production d'électricité.  
Ex. : Consommation d'électricité, de vapeur chaleur ou froid...

**SCOPE 3 : autres émissions indirectes de GES**  
Ex. : Achats de produits ou services (consommables, téléphone), immobilisations de biens, déchets, déplacements domicile-travail, transports des visiteurs et clients, utilisation et fin de vie des produits...



Plaquettes Itinéraires n°24, comptabilisation des gaz à effet de serre (www.vignevin.com)

Pour des raisons économiques (coût du terrassement) et logistiques (monte-charge), un grand nombre de nouvelles caves et cuveries sont implantées en surface. Pour la plupart des zones climatiques, une climatisation est indis-

pensable pour maintenir une température de conservation de 12 à 15°C.

Dans certains cas, le chauffage du local ou des vins à 18 à 20°C doit être envisagé au cours de la fermentation malolactique.

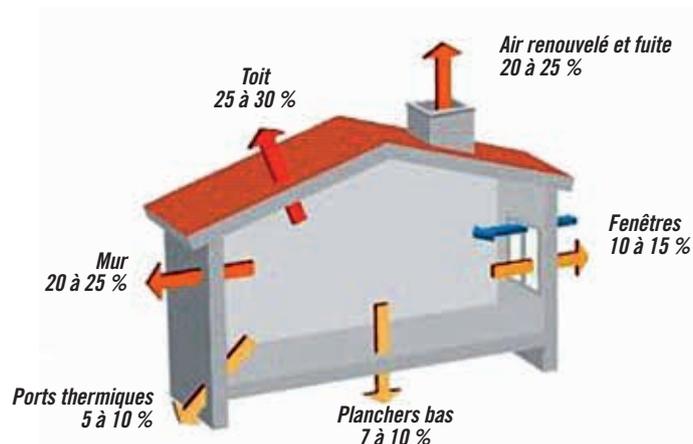
## 2 Architecture et conception des bâtiments

### 2.1 Diagnostic thermique

L'intégration du concept de développement durable au sein de la filière viticole associe en premier lieu une adaptation des itinéraires viticoles et œnologiques aux contraintes environnementales, mais également, avec une vision sur le long terme, à une prise en compte des aspects énergétiques ainsi que la gestion de l'eau dans la conception des exploitations et des caves.

Le diagnostic énergie, réalisé tant à l'échelle globale de l'exploitation qu'au niveau d'un atelier de production, d'un matériel ou d'un bâtiment, constitue la clé de voûte du plan performance énergétique. Il permet en effet de faire un état des lieux de la consommation d'énergie et surtout d'identifier les marges de progrès et les actions que les agriculteurs peuvent réaliser pour améliorer la performance énergé-

tique de leur exploitation, de leur production, de leur matériel ou de leur bâtiment. Ces actions peuvent porter sur l'adoption de pratiques plus économes en énergie (réduction des intrants azotés, modification des itinéraires techniques...), sur l'utilisation d'équipements qui améliorent la performance énergétique et dans certains cas elles peuvent se traduire par la production d'énergies renouvelables.



Principales pertes thermiques d'un bâtiment (Source : Guide ADEME *Isoler son logement*) et exemple de limitation des variations de température par la mise en place de portes/rideau à ouverture/fermeture rapide.



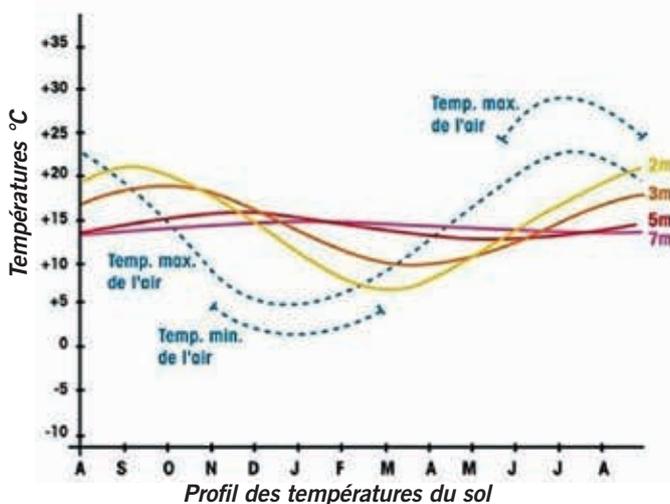
## 2.2 Inertie des matériaux de construction

Au-delà des températures annuelles, il est également important de prendre en compte la variation thermique entre le jour et la nuit et d'un jour à l'autre au cours de la semaine. Une bonne inertie thermique du bâtiment (sans isolation intérieure) peut être obtenue par l'utilisation de matériaux denses (pierre, béton). La brique mono murale alvéolaire de grande épaisseur (40 à 50 cm) est également intéressante. Néanmoins, elle nécessite une main-d'œuvre spécialement formée. En effet, les briques s'emboîtent et ne sont jointées que par un mortier mince.

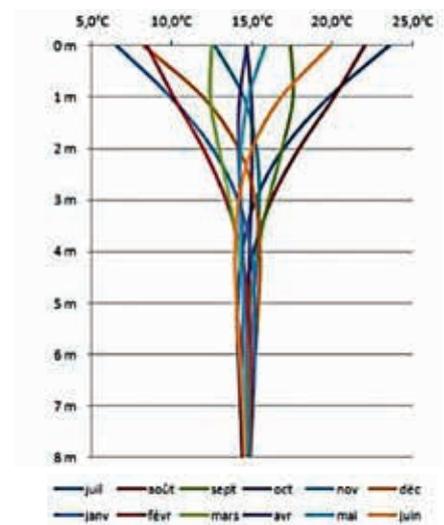


Une bonne inertie thermique d'un bâtiment peut être obtenue tenue avec une pierre massive. Exemple de la pierre du Gard, (photoparchitecture-en-pierre.blogspot.com) et des briques alvéolaires « monomur » de grande largeur, Photo www.travaux.com

## 2.3 Inertie thermique du sous-sol et géothermie



Schémas de variation de température au cours de l'année en fonction de la profondeur. Source : colibri-construction.fr.



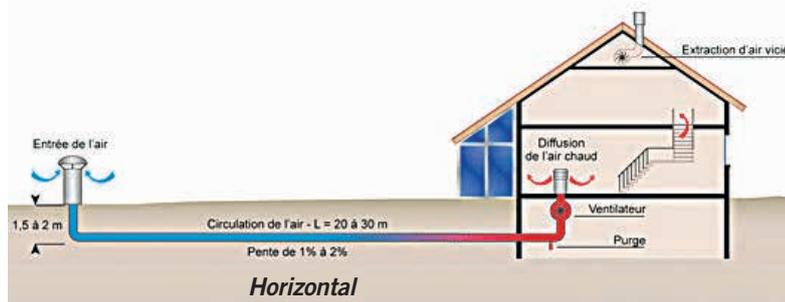
La géothermie, du grec géo (la terre) et thermos (la chaleur) désigne à la fois la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre et la technologie qui vise à l'exploiter. Le flux géothermique de la terre est généralement beaucoup trop faible pour être utilisé directement avec un procédé « haute température » mis à part les zones dotées de sources thermales ou de chambres magmatiques superficielles. Néanmoins, en dessous de 4,50 à 10 m, la température du sol est constante tout au long de l'année. Celle-ci est proche de la moyenne superficielle annuelle (11 à 16°C dans les régions viticoles européennes).

L'utilisation traditionnelle de l'inertie thermique du sous-sol consiste à enterrer totalement ou partiellement les caves. Néan-

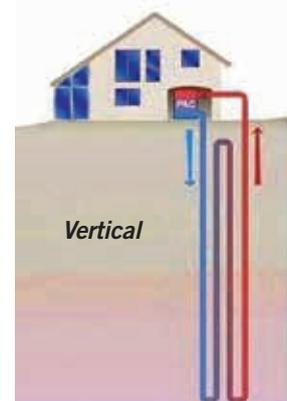
moins cette solution, qui permet de limiter l'emprise au sol, n'est pas toujours envisageable (coût de terrassement, présence d'une nappe, terrain humide, etc.) Il est également possible d'envisager d'utiliser cette inertie thermique du sous-sol par un système de sonde souterraine verticale (géothermie basse enthalpie) ou de canalisation horizontale avec transfert d'air (puits canadien). Dans le cas du captage vertical, la récupération de chaleur intervient à partir d'un ou plusieurs forages d'une profondeur de 80 à 120 mètres. Le circuit comporte un seul tube en forme de U en polyéthylène contenant un fluide sous pression et en circuit fermé. Les avantages de ce système (petite surface d'occupation et température constante à 100 ou 150 mètres de profondeur) permettent d'envisager une implanta-

tion dans la plupart des secteurs, avec néanmoins une contrainte économique liée à la réalisation des forages.

Le puits canadien utilise l'inertie thermique du sol avec des canalisations horizontales à une profondeur d'environ 1 à 2 mètres pour prétraiter l'air de ventilation des bâtiments. D'un point de vue pratique, la température du sol à faible profondeur est d'environ 15°C en été et 5°C en hiver. Ce dispositif peut être équipé de filtres anti-polluants et obligatoirement d'un siphon d'évacuation pour les eaux de condensation à l'intérieur des tuyaux.



Utilisation de l'inertie thermique par transfert d'air à partir de canalisations enterrées horizontales (puits canadien) ou par transfert de fluide dans des sondes verticales (géothermie basse enthalpie).



### 3 Ventilation et isolation

#### 3.1 Ventilation

Un renouvellement de l'air de la cave est nécessaire afin de limiter le taux d'hygrométrie et d'assainir (odeur, micro-organismes) « l'ambiance » interne.

Une ventilation mécanique est souvent envisagée pour les cuveries importantes. L'asservissement de fonctionnement de la ventilation à une horloge permet de privilégier l'aération pendant la nuit en été (température plus basse) et le jour en période hivernale (température plus élevée), afin de réduire les besoins énergétiques de climatisation.

L'extraction de l'air chaud sous la toiture avec un extracteur dynamique, éventuellement associé à un panneau solaire est très souvent



Variations de température selon la hauteur dans un bâtiment et exemple d'extraction d'air chaud sous toiture dans la région McLaren Vale en Australie.

utilisé dans les pays du Nouveau Monde, mais peu en Europe, peut également permettre dans une certaine mesure de climatiser le local.



#### 3.2 Isolation

L'isolation d'un bâtiment est un des points à privilégier dans l'éco-conception. Un isolant est caractérisé par un coefficient de conductivité thermique qui s'exprime en W/M°C. Il existe également certains matériaux multicouches qui agissent sur la réflexion du rayonnement infrarouge. Leurs caractéristiques thermiques sont proportionnelles au coefficient de réflexion des films métallisés et au nombre de films réflecteurs internes. Ces matériaux, dont le coût est généralement supérieur aux isolants classiques, présentent une faible épaisseur (1 à 3 cm), ce qui est intéressant notamment pour les isolations sous toiture.

#### PARALLÈLEMENT AU POUVOIR ISOLANT, PLUSIEURS ASPECTS DOIVENT ÊTRE PRIS EN CONSIDÉRATION :

##### → Humidité

L'isolant ne doit pas constituer un support de développement de moisissures. Pour les locaux sensibles à l'humidité, la protection de l'isolant par un matériau de surface (bardage, placoplâtre) n'assure généralement pas une protection totale contre le développement de moisissures. Il est souvent préférable d'utiliser des isolants peu sensibles à l'humidité.

##### → Résistance aux chocs et lavage au surpresseur

Le choix du revêtement de l'isolant dépend de l'utilisation du local. Pour les zones sensibles, il existe des produits dont le matériau de protection (mortier au latex, P.V.C., inox, métal traité) est intégré à l'isolant. La mise en œuvre de tels produits (coût de l'isolant et des accessoires de pose, main d'œuvre) doit être étudiée comparativement aux solutions classiques (double cloison, enduit grillagé).

##### → Epaisseur disponible

Pour certaines installations, l'isolation des murs peut conduire à une perte de place non négligeable. Dans ce cas, il est souhaitable de choisir des matériaux multicouches ou d'excellents isolants classiques (polyuréthane ou polystyrène extrudé). Cependant le coût à l'unité de surface de ces isolants est généralement plus élevé que celui des matériaux classiques.

Depuis quelques années les maîtres d'ouvrage ont cherché à améliorer les écobilans de l'isolation avec des matériaux moins

##### LE CHANVRE EN ROULEAUX

Le plus connu des éco-matériaux ! Il est surtout appliqué dans les combles perdus et les rampants de toitures.



##### LA LAINE DE COTON RECYCLÉE

En vrac, elle est légère et très facile à mettre en œuvre dans les combles, en épandage ou à la main.



##### LE LIN EN PANNEAUX

Murs, combles, cloisons... le lin est un matériau souple et polyvalent.



##### LA LAINE DE MOUTON EN ROULEAUX

100 % pure laine vierge sans polyester. Fabrication unique par tissage. la meilleure contre le froid et l'humidité.



##### LA LAINE DE BOIS ISOLANT

Isolant thermique très polyvalent. Il assure un meilleur déphasage que le chanvre : jusqu'à 10 h en 200 mm.



##### LA FIBRE DE BOIS ISOLATION

Isolation thermique par l'extérieur des murs, mais aussi des toitures (technique du sarking).



##### OUATE DE CELLULOSE VRAC

Economique et performante, elle est soufflée à la machine dans les combles perdus par des professionnels.



##### LA LAINE DE COTON EN PANNEAUX

Le meilleur isolant phonique, idéal pour des cloisons intermédiaires et faux plafonds.



##### LE FEUTRE

Excellent isolant phonique pour atténuer les bruits de chocs, en complément de la ouate ou du liège.



Quelques exemples d'isolants écologiques, source [www.eco-logis.com](http://www.eco-logis.com).

toxiques, recyclés ou recyclables, peu consommateurs d'énergie et malgré tout dotés de performances supérieures ou égales aux isolants classiques. Les isolants écologiques sont des matériaux de construction qui répondent, tout au long de leur cycle de vie, à la fois aux critères techniques habituels de construction mais aussi aux critères environnementaux. Les isolants écologiques sont généralement d'origine minérale, végétale ou animale.

	LIÈGE EXPANSÉ	LAINES DE MOUTON	LAINES DE COTON	LAINES DE CHANVRE	OUATE CELLULOSE PANNEAUX	OUATE VRAC	LAINES DE BOIS	FIBRE DE BOIS	LAINES VERRE
LAMBDA*	0,032 à 0,040	0,035 à 0,042	0,042	0,042	0,039	0,039	0,036	0,044	0,040
R POUR 20 CM	6,25 à 4,76	5,71 à 4,76	4,76	4,76	5,10	5,10	5,55	4,53	5,0
DÉPHASAGE POUR 20 CM	9 H 51	3 H 52	4 H 49	5 H 05	7 H 22	5 H 18	8 H 01	13 H 29	3 H 44
	RIGIDE	SOUPLE	VRAC	SOUPLE	SEMI-RIGIDE	VRAC	SEMI-RIGIDE	RIGIDE	SOUPLE
POINTS +	Difficilement combustible Imputrescible Hydrofuge	Bon rapport qualité/prix Difficilement combustible Imputrescible Régulateur d'humidité	Economique légère et performante Très facile d'application	Très polyvalent	Ignifugée Isolant performant en phonique et contre la chaleur	Ignifugée Très économique Performant contre la chaleur	Excellent rapport qualité/prix. Bon déphasage Très polyvalent	Isolation thermique par l'extérieur Performant contre la chaleur	

Caractéristiques des principaux isolants écologiques source [www.eco-logis.com](http://www.eco-logis.com)

### 3.3 Mur ou toit végétal

Le concept de mur ou toit végétal repose sur la création d'écosystèmes horizontaux ou verticaux, associés à un bâtiment. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétal un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° d'inclinaison) ou un mur.

Outre l'aspect esthétique, ce concept a un avantage non négligeable du point de vue technique et écologique. Les murs et toits végétaux ont un rôle thermique et phonique important, par la réduction des réflexions et radiations thermiques ou solaires et également de l'humidité ambiante par évapotranspiration. Parallèlement, la qualité de l'air ambiant est améliorée grâce à la fixation des poussières et à l'absorption du CO<sub>2</sub> par les plantes. En retenant les eaux pluviales, les toits végétaux réduisent les pointes de crues. Pour les caves implantées en surface ou semi-enterrées, les murs et toits végétaux font partie intégrante de l'insertion paysagère et contribuent à développer la biodiversité des bâtiments vitivinicols dans leur environnement.

La construction d'un mur ou d'un toit végétal doit être adaptée au bâtiment et ne pas le dégrader. Pour cela, il est nécessaire de garantir un drainage permanent quelle que soit la charge, en particulier sur les pentes faibles, d'assurer les apports en eau et en air et de mettre en place une protection contre les insectes.

Le type de végétaux implanté doit être choisi en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, et de l'insertion dans le paysage. Il existe différentes techniques de conception d'un mur végétal. La plus courante consiste à construire parallèlement à la façade du bâtiment une structure en acier verticale servant de support. L'espace entre le mur et la structure permet de laisser passer l'air et d'éloigner le mur de la paroi humide. Des plaques de PVC y sont fixées afin d'agrafer des plaques de feutre de polyamide servant de support aux plantes ; l'utilisation d'un substrat est possible. Les plantes sont insérées dans le feutre.

Le toit végétal repose sur une structure horizontale en béton, acier ou bois qui doit supporter le poids de l'installation. Lors des précipitations ou de la fonte de la neige, ce poids peut doubler voire tripler ; il est donc recommandé de prévoir une pente de 1 à 2 % pour diminuer cette surcharge.

Dans les deux cas, le choix des plantes intervient selon le climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, du type de mur

(intérieur ou extérieur) et d'autres critères fonctionnels. Pour l'extérieur, il est préférable d'opter pour des plantes vivaces et indigènes très résistantes aux températures extrêmes (graminées, plantes vertes ou fleuries).

Selon le type de substrat et le degré d'arrosage souhaité, la plantation peut être de type extensif, semi-extensif ou intensif.

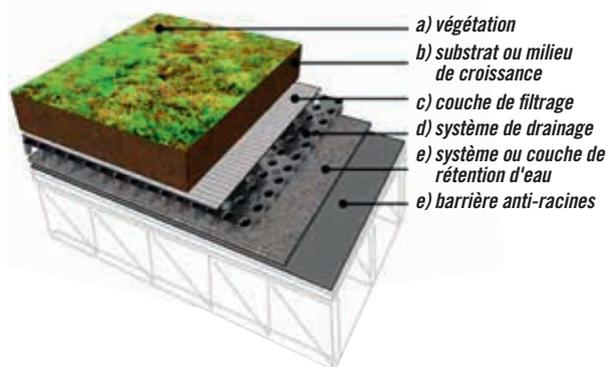


Schéma de principe d'un toit végétal (Illustration par Danny Aubin Source : [www.ville.montreal.qc.ca](http://www.ville.montreal.qc.ca)) et d'un mur végétalisé ([www.murmurevegetal.com](http://www.murmurevegetal.com))

## 4 Nouvelles sources d'énergie

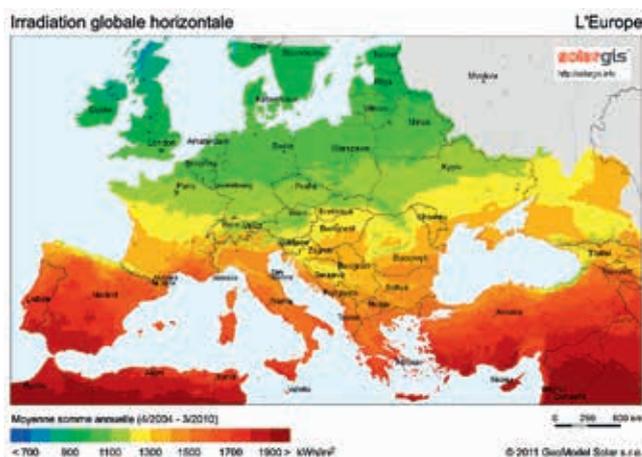
Les énergies alternatives peuvent être mises en œuvre collectivement. La réflexion peut également être menée à l'échelle de la cave. L'énergie éolienne peut, selon les régions, être utilisée pour des faibles consommations électriques (lumière) ou des opérations de pompage (eau, effluents). L'énergie solaire se développe progressivement dans le secteur viticole, notamment dans les régions méridionales. Plusieurs approches sont envisageables :

### CHAUFFAGE SOLAIRE :

Une série de capteurs à eau est placée sur la toiture ; elle permet de produire de l'eau chaude ou d'assurer le chauffage des bâtiments.

### CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE :

C'est une transformation directe de la lumière en énergie électrique. La cellule photovoltaïque plate comporte dans son épaisseur deux zones de caractéristiques électriques différentes. Quand la lumière éclaire la cellule, les photons engendrent des charges électriques stockées dans des accumulateurs.



Carte de potentiel solaire en Europe (Geomodelsolar 2011) et communication de la production l'énergie photovoltaïque aux visiteurs de la cave (Lourensfordwinery dans la région de Stellenbosch en Afrique du Sud).



### ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE :

Cette approche consiste à optimiser le refroidissement naturel par l'environnement de la cave. Quelques exemples illustrent la diversité des solutions possibles (murs de végétation pour couper le vent, baies vitrées au sud, ventilation côté nord, etc...)

## 5 Exemples de caves écoconçues

### 5.1 Domaine Léon Boesch en Alsace

Conçu par l'architecte Matthieu Winter, le domaine viticole est construit à partir d'une ossature en bois, mode de construction traditionnel en Alsace. La construction implique notamment des fondations en pierres sèches, une toiture végétalisée, une isolation des murs en bottes de paille, etc. Les matières premières viennent des alentours du village viticole. Les fondations sont constituées de roches calcaires d'un mètre d'épaisseur permettant de garantir l'hygrométrie et la « respiration » de la cave. La cave située au nord bénéficie de la fraîcheur, tandis que la maison d'habitation au sud profite de l'ensoleillement.



Plan et vue générale de la cave Léon Boesch.



## 5.2 Château de Malleret dans la région bordelaise du Médoc

Le chai a été récemment rénové en respectant l'architecture traditionnelle, avec l'intégration d'un dispositif de puits canadien qui permet de bénéficier naturellement de l'inertie thermique du sous-sol (fraîcheur en été et chaleur en hiver). À partir des capteurs extérieurs, l'air transite par des canalisations souterraines vers un dispositif de déshumidification et de répartition, pour être acheminé par des diffuseurs insérés dans les murs et au centre des zones à climatiser. Parallèlement, la cave a créé un système de double mur en pierre, avec une couche isolante au centre, permettant d'optimiser l'inertie thermique interne du bâtiment.

## 5.3 Cave Gramona dans la région du Penedès en Catalogne

La cave est dotée d'une très grande surface de toit végétalisé recouverte de vigne qui permet d'assurer une climatisation naturelle. Cette zone supérieure végétale comporte d'anciens cépages valorisant l'encépagement du Penedès et une zone composée de plantes locales en lien avec la biodiversité et les caractéristiques géologiques des terroirs. Des fenêtres sont ouvertes sur le toit végétal avec une protection contre l'excès d'ensoleillement. Elle est également équipée d'énergies nouvelles : géothermie, panneaux solaires.



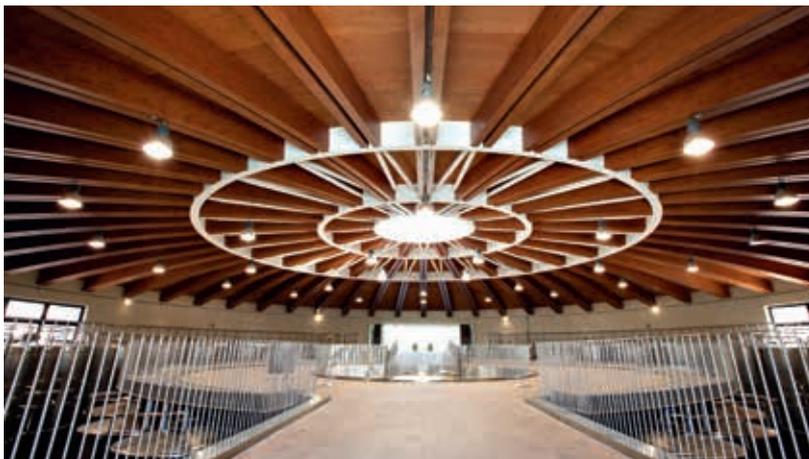
Vue d'ensemble de la cave et de l'éclairage naturel en forme de «tas de bouteilles» de la cave Gramona .  
Photo [www.gramona.com](http://www.gramona.com)

## 5.4 Cave Le Mortelle du groupe Antinori en Toscane

Cette cave a été conçue pour limiter l'impact sur l'environnement et favoriser une intégration optimale dans les collines environnantes. Cette conception repose sur un puits de lumière en surface et une « végétalisation » des zones non enterrées. La cave a une forme hémisphérique semi-enterrée, cachée en grande partie dans une colline qui se trouve naturellement dans le domaine. Répartie sur trois étages, la gravité permet de faciliter les transferts au cours des différentes opérations de vinification. À partir du sommet, les raisins sont réceptionnés au deuxième étage, puis transférés par gravité à l'étage inférieur pour subir les différents types de vinification. Les barriques sont stockées dans le sous-sol, afin d'assurer le vieillissement du vin dans des conditions de fraîcheur et d'hygrométrie naturelles.



Vue extérieure de la cave Le Mortelle. Photo [www.antinori.it](http://www.antinori.it)



Vue intérieure de la cave Le Mortelle. Photo [www.antinori.it](http://www.antinori.it)

## 5.5 Château Cheval Blanc dans la région bordelaise de Saint-Émilion



La conception moderne et écologique de la cave s'intègre parfaitement dans un contexte local de classement « Patrimoine Mondial » de l'Unesco. Dessiné par Christian de Portzamparc et inauguré en juin 2011, le chai de Cheval Blanc émerge avec deux vagues de béton blanches surmontées par un toit végétal. Il bénéficie du label Haute Qualité Environnementale (H.Q.E.) relatif au choix des matériaux de construction, aux économies d'énergie, à la gestion de l'eau et du tri des déchets, mais aussi au confort acoustique, à la sécurité et au bien-être du personnel.



Vue aérienne et photo de la cuverie du Château Cheval Blanc. Photo Céline Burban.

## CONCLUSION

Jusqu'à présent, les aspects énergétiques n'étaient pas une préoccupation majeure de la filière viticole. Force est de constater que nous entrons maintenant dans une période d'épuisement des énergies fossiles, avec une pression de plus en plus forte pour réduire l'impact effet de serre. Pour toutes les caves, il convient dans un premier temps de cerner quantitativement les consommations par type d'activité et d'estimer les besoins globaux de la filière (directs et indirects) et si possible de déterminer l'impact environnemental de cette gestion thermique. Cet aspect environnemental est d'ailleurs intégré dans la sélection des dossiers pour les aides à l'investissement de FranceAgriMer.

La conception optimale des bâtiments, avec une bonne isolation, éventuellement complétée de dispositifs écologiques (toits ou murs végétalisés etc.) et des énergies alternatives (solaire, géothermie, puits canadien, biomasse etc.) s'intègre dans cette dynamique de conception des caves à la fois modernes et durables.

Parallèlement, la filière viticole constitue un gisement important de sous-produits et de déchets organiques. Une valorisation optimisée sous l'angle énergétique peut être envisagée. Ces aspects, ainsi que l'intégration paysagère, contribuent à valoriser l'image environnementale de la cave. Par ailleurs, la réglementation et les normes évoluent, ce qui justifie d'anticiper les exigences environnementales, afin d'éviter au cours des prochaines années des modifications de mise aux normes coûteuses.

## Références bibliographiques

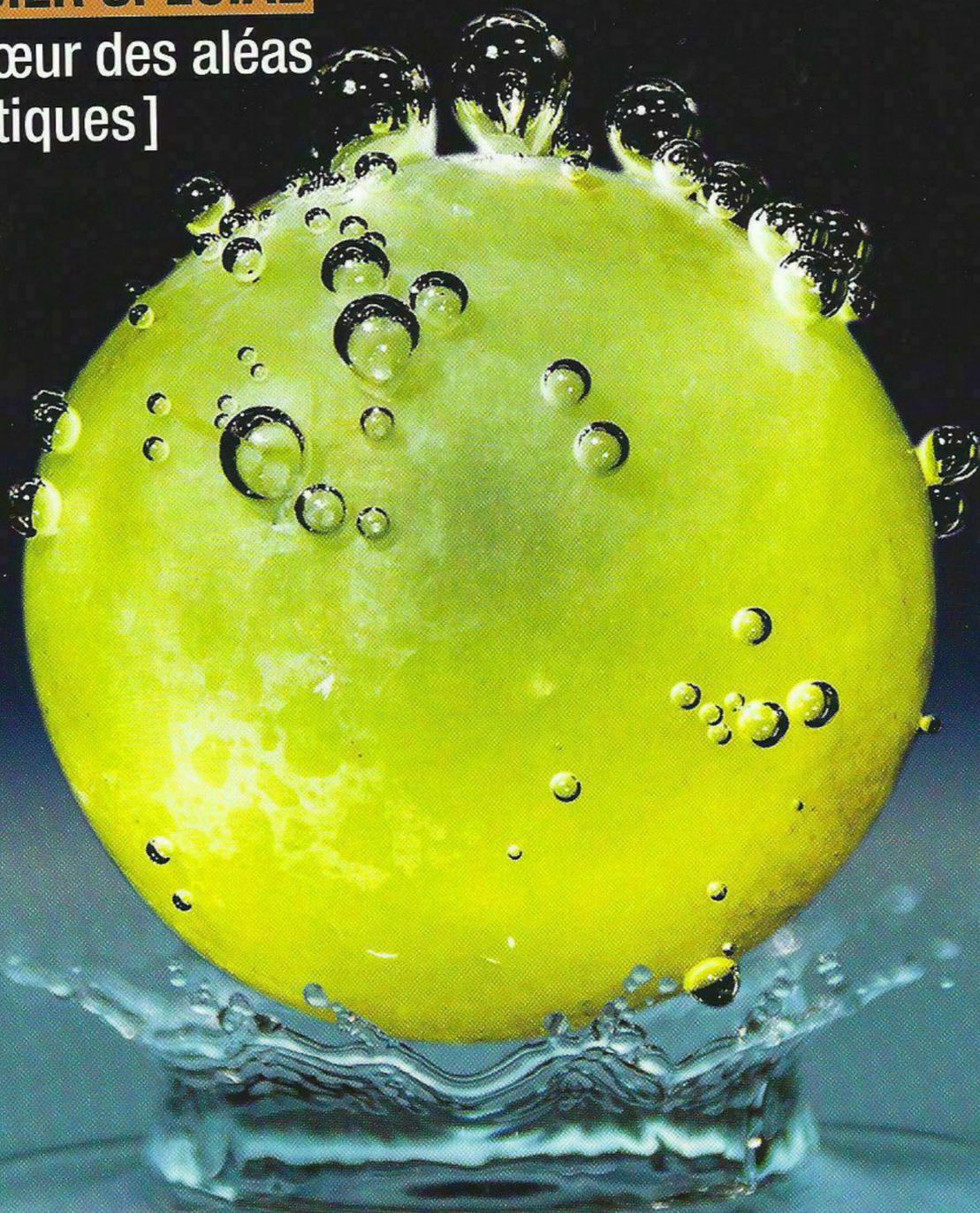
- B. PEUPORTIER, *Éco-conception des bâtiments et des quartiers*, Editions Mines Paritech(2008)
- J. Rochard, *Traité de viticulture et d'œnologie durable*, éditions Avenir Œnologie (2005)
- L. Van Gysel, I. Pierot, J. Ducruet, *Éco-conception* : Solution pour nos caves de demain, Objectifs 79, Aout (2013)
- J. ROCHARD, R.F.O., *Du paysage à l'éco-conception des caves* : l'œnologue ambassadeur de l'éco-Oenotourisme, 252, mai/juin(2012)
- D Marengo, J Rochard, *Revue des Œnologues*, Besoins thermiques d'une cave, 145, novembre (2012)
- N. Dunnett et coll., *Toits et murs végétaux*, Edition de Rouergue(2008)
- IFV, *Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre* : Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole (2011), téléchargeable : [www.vignevin.com/publications/collection-itineraires.html](http://www.vignevin.com/publications/collection-itineraires.html)
- IFV, *Plaquette* : Quelle gestion des sous-produits vinicoles, (2003), téléchargeable : [www.vignevin.com/publications/collection-itineraires.html](http://www.vignevin.com/publications/collection-itineraires.html)
- V. Lempereur, S. Penavayre, *Grape marc*, wine lees and deposit of the must: how to manage oenological by-products?, congress OIV Mendoza(2014)

# revue des œnologues

## et des techniques vitivinicoles et œnologiques

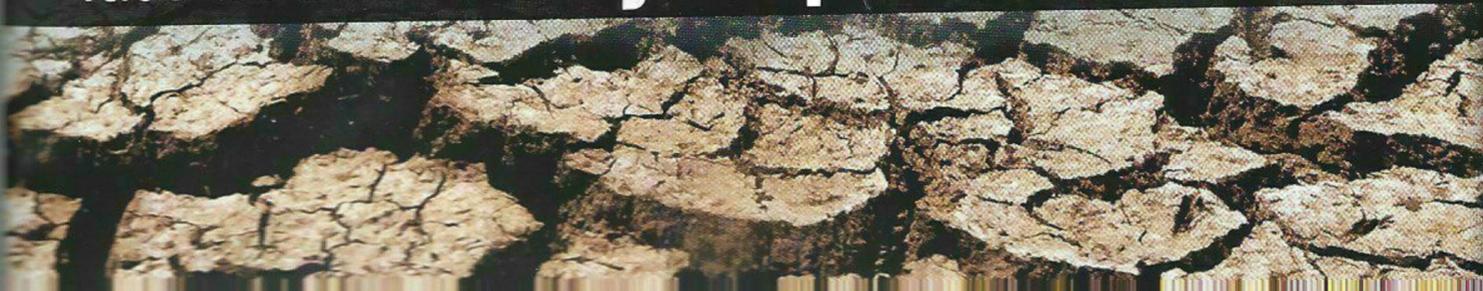
**DOSSIER SPÉCIAL**

[Au cœur des aléas climatiques]



# EAU vigne et vin

Quels impacts | Quelle résilience face au **stress hydrique** ?



N°181 **Spécial** NOVEMBRE 2021

48<sup>e</sup> année - Trimestrielle

Abonnement Annuel France 85 €

Abonnement Annuel étranger 116 €

Le numéro 24 €

I.S.S.N. 0760-9868

**ÉDITION INTERNATIONALE**

Toute l'actualité  
**VITICULTURE ■ ŒNOLOGIE**  
[search.oeno.tm.fr](http://search.oeno.tm.fr)

■ **Potentiel adaptatif de la vigne face aux stress multiples**

Nathalie Ollat, Elisa Marguerit, Cornelis van Leeuwen

■ **Économiser l'eau dans les vignobles : les leviers**

T. Simonneau, J. Prieto, A. Coupel-Ledru, A. J. Westgeest, B. Tiffon-Terrade, R. Boulord, H. Ojeda, N. Saurin, F. Pantin, A. Christophe, A. Pellegrino, A. Doligez, P. This

■ **Évolution des précipitations et du bilan hydrique**

Enjeux spatiaux pour les terroirs viticoles ?

Etienne Neethling, Etienne Goulet, Hervé Quénol

■ **Recyclage des eaux usées : ressources en eau disponibles ?**

Nassim Ait-Mouheb, Jérôme Harmand, Hernán Ojeda

■ **Réponses physiologiques à la sécheresse – Sélection d'un matériel végétal plus tolérant au stress hydrique**

S. Dayer, M. Gowdy, C. van Leeuwen, G. Gambetta

■ **Caractériser la tolérance à la sécheresse des nouvelles variétés résistantes**

L. Wilhelm, A. Pellegrino, H. Ojeda, L. Torregrosa

■ **Impacts et bénéfices de l'irrigation et des stratégies alternatives**

C. van Leeuwen, E. Marguerit, M. Gowdy, G. Gambetta, S. Dayer, L. de Rességuier, P. Pieri, N. Ollat

■ **Suivi temporel du statut hydrique : enjeux de la télédétection spatiale**

E. Laroche-Pinel, S. Duthoit, M. Le Page, S. Khabba, J. Rousseau, G. Rieu, J. Hourdel, V. Cheret, H. Clenet

■ **Symbiose mycorhizienne à arbuscule – Accès à des ressources hydriques et nutritives complémentaires**

A. Sportes, S. Trouvelot, M. Hériché, C. Durney, D. Wipf, P.-E. Courty



# Perspective de réutilisation des eaux usées des effluents de cave

## Le traitement écologique: limitation des nuisances et de la consommation énergétique

Joël Rochard  
VitisPlanet – France.

### Introduction

La perspective de raréfaction de la ressource en eau dans de nombreuses régions viticoles et le développement de la récupération de l'eau, notamment pour alimenter des dispositifs de refroidissement ou d'irrigation, invite à porter une attention accrue sur de nouveaux processus de traitement des effluents. Parallèlement une gestion optimale doit prendre en compte l'économie, et aussi la qualité de l'eau, tout en respectant l'équilibre des écosystèmes aquatiques environnants.

Dans cet article, nous passerons en revue les développements actuels qui ont pour objectif d'intégrer les orientations de développement durable dans le fonctionnement du dispositif de traitement (faible consommation d'énergie et limitation des boues, de plus en plus complexe à gérer par voie agronomique) tout en limitant les nuisances olfactives et sonores, et en valorisant le paysage et la biodiversité dans l'environnement de la cave en liaison avec le concept d'éco-tourisme.

Les systèmes de traitement écologiques considèrent « le rejet » comme une ressource valorisable pour l'écosystème (concept de « génie écologique ») et s'inspirent des écosystèmes de milieux humides, tout en s'intégrant dans la diversité des dispositifs de traitement des effluents de cave.

### L'eau et la cave: trouver le bon équilibre

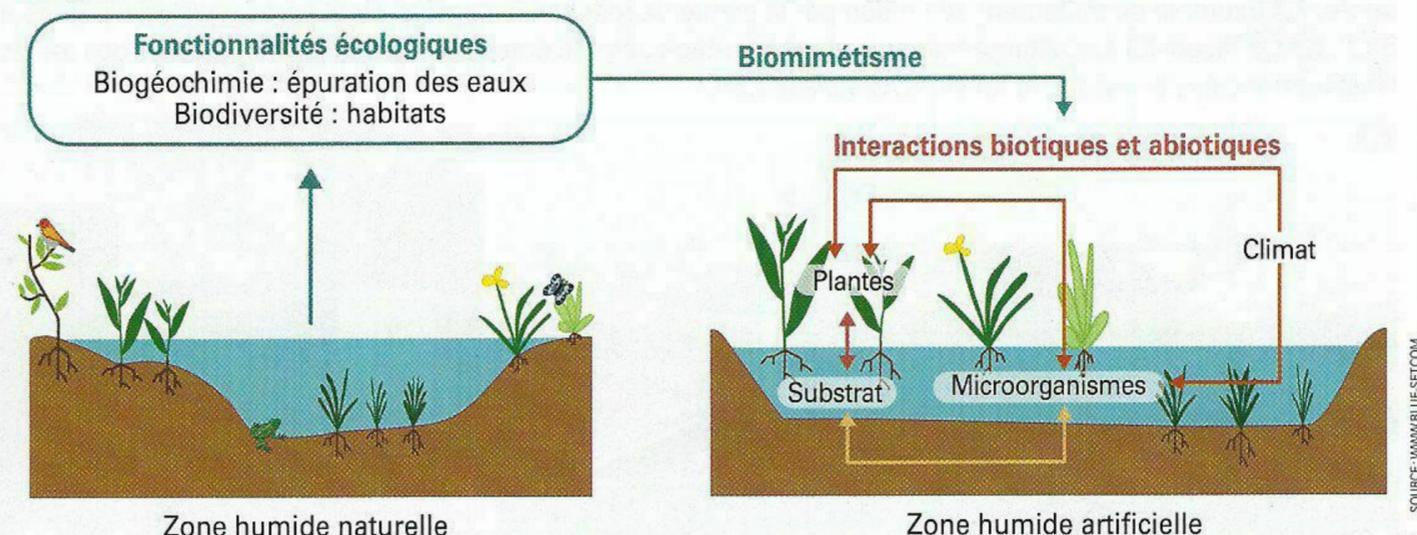
Les rejets issus des pressoirs et des caves sont susceptibles de perturber l'équilibre biologique des rivières, en particulier pendant la période des vendanges. En effet, les éléments organiques issus des activités viticoles génèrent, dans un milieu aquatique, le développement de microorganismes qui puisent l'oxygène dissous au détriment de la faune piscicole. Le volume d'effluent est généralement compris, selon les caves entre 0,5 et 5 litres par litre de vin, avec une DCO variant de 3 à 30 g/litre. La particularité du secteur viticole par rapport aux autres industries agroalimentaires est la concentration dans le temps avec une pointe très marquée pendant la période de vendanges et de vinification soit, selon les caves, 2 à 10 semaines. Pour les rejets vers le milieu naturel, le traitement a pour objectif, selon la réglementation locale, d'atteindre

en sortie 125 à 300 mg de DCO par litre, ce qui de fait, impose un niveau d'épuration le plus souvent supérieur à 95 %. Dans le cas d'un prétraitement avant un réseau d'assainissement, l'objectif est défini par une convention de raccordement, adaptée à chaque contexte. En amont, une adaptation du processus d'élaboration doit être mise en œuvre pour réduire la charge polluante et assurer une gestion optimale de l'eau. Le traitement des effluents de cave, réalisé individuellement ou collectivement, peut être envisagé avec plusieurs techniques: évaporation, épandage, dispositifs biologiques. Jusqu'à présent, les procédés de traitement les plus utilisés, au-delà de l'épandage et de l'évaporation, étaient majoritairement basés sur des procédés aérobies, stockage aéré, boues activées ou encore SBR (réacteur séquentiel discontinu), cette dernière technique permettant généralement d'optimiser l'emprise au sol, l'aération et la gestion des boues.

### Principe des dispositifs écologiques de traitement: considérer le rejet comme une ressource valorisable pour l'écosystème

Les marais naturels ont été utilisés comme lieu de déversement des eaux usées depuis fort longtemps, mais ce n'est qu'au XX<sup>e</sup> siècle que des marais filtrants artificiels ont été conçus pour traiter l'eau usée en s'inspirant des processus naturels de filtration et biodégradation. Au cours des années 1950, le professeur allemand de biologie Käthe Seidel a effectué les premières expérimentations sur les filtres plantés d'espèces de zones humides. À partir de ce phénomène naturel (*figure 1*), des dispositifs écologiques, destinés à l'épuration des eaux usées, ont été construits et sont maintenant largement diffusés pour le traitement des effluents urbains et agroalimentaires. Le principe

■ **Figure 1: Comparaison d'une zone humide naturelle par rapport à un dispositif artificiel.**



## > Technique

de base est de considérer le rejet comme une ressource valorisable pour l'écosystème. Cette idée, reprise par le concept de génie écologique, a été déclinée d'une part par des filtres plantés dans des bassins étanches, avec un granulats support sur lequel se développent

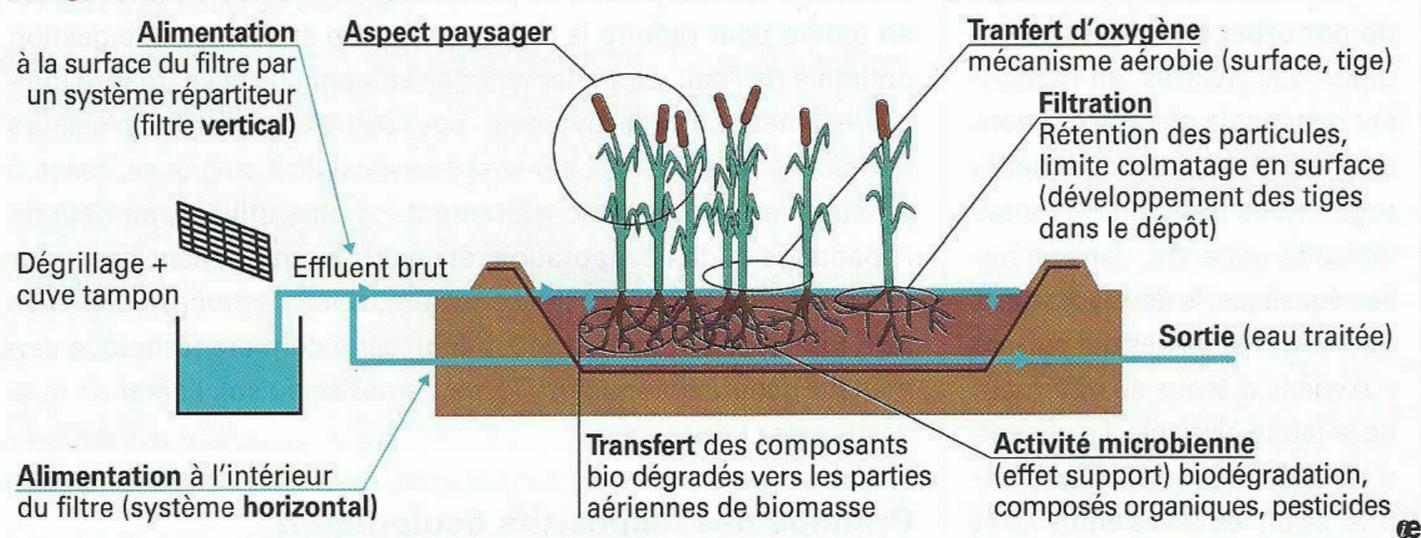
des plantes de zones humides, majoritairement les roseaux, et d'autre part par des dispositifs de bassins multiples, de type marais

artificiel, avec une diversité d'espèces aquatiques complémentaires. Parallèlement à sa fonction épuratoire, l'implantation d'un dispositif écologique peut s'intégrer dans une démarche paysagère et de biodiversité dans l'environnement de la cave et servir de support à une approche d'éco-cénotourisme (photo 1).

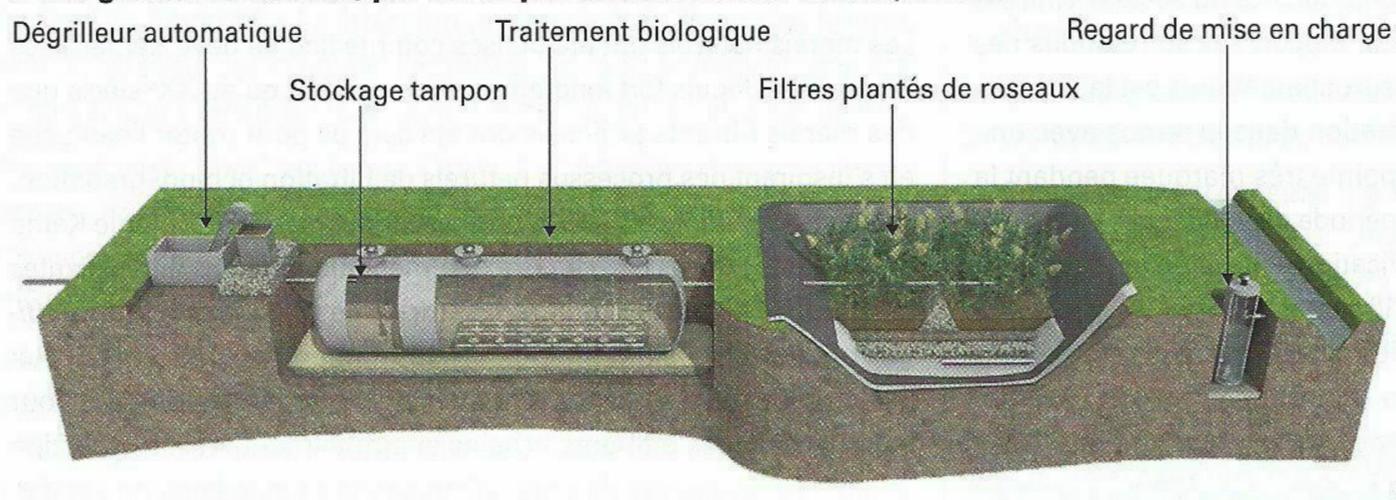
■ **Photo 1:** Un exemple de valorisation du paysage et de la biodiversité avec une « zone humide écologique » des vigneron de Buzet dans le sud-ouest de la France ([www.blue-set.com](http://www.blue-set.com)).



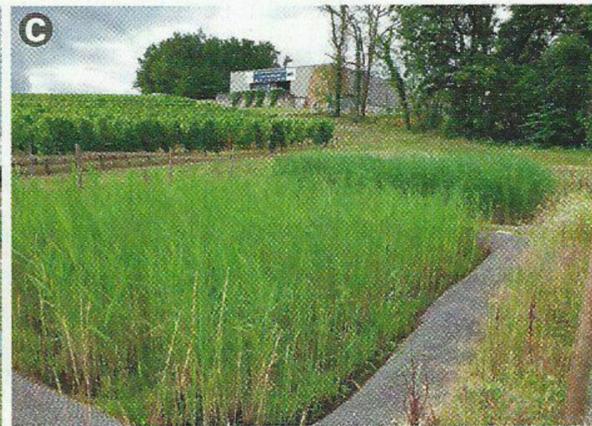
■ **Figure 2:** Principe du lit planté de roseaux vertical et horizontal (d'après J. Rochard).



■ **Figure 3:** Schéma d'un traitement associant un premier étage aérobie et une finition, associée à une gestion des boues, par filtres plantés de roseaux ([www.syntea.fr](http://www.syntea.fr)).



■ **Photos 2:** Deux exemples des effluents associant un dispositif aérobie et une finition par lit planté de roseaux sur substrat de sable. **A** Exemple de traitement de finition par lit planté de roseaux (en arrière-plan) après un premier étage aérobie (Cave Spier en Afrique du Sud). **B** **C** Dispositif de traitement avec un premier étage aérobie enterré, suivi de deux lits plantés de roseaux installés au pôle sud-ouest de l'Institut français de la vigne et du vin ([www.claireo.io](http://www.claireo.io)).



### Filtres plantés

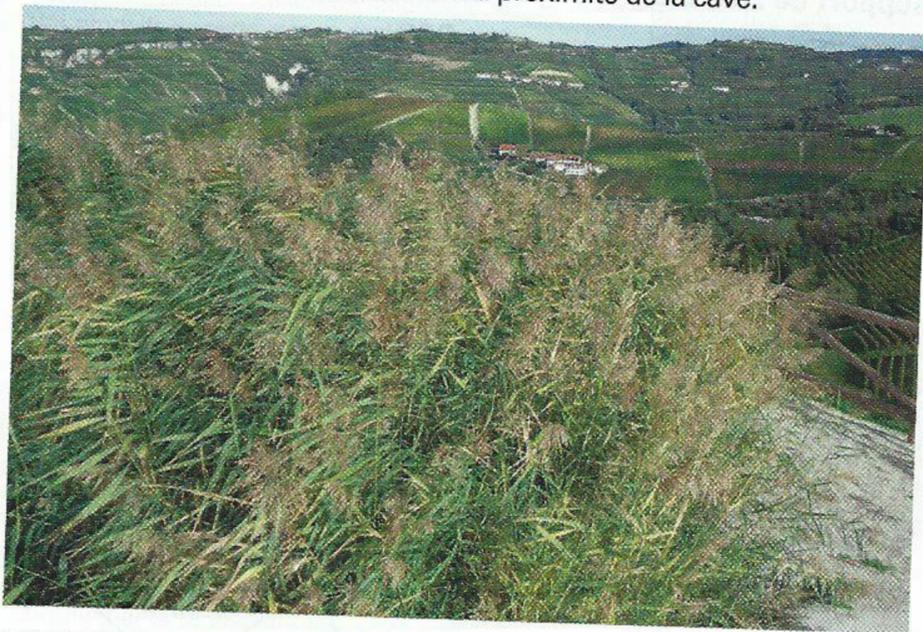
L'utilisation des végétaux induit de façon indirecte un certain nombre de mécanismes favorisant l'épuration: maintien de la structure du massif, apport d'oxygène dans le milieu filtrant et développement de la flore bactérienne (figure 2). Le massif filtrant est installé dans un bassin, d'une profondeur généralement comprise entre 50 et 70 centimètres, et étanchéifié le plus souvent par une géomembrane pour éviter que l'eau, non encore traitée, ne s'infilte dans la nappe phréatique.

L'exploitation des capacités épuratoires des massifs filtrants plantés peut être réalisée par une aspersion en surface avec un dispositif de répartition (système vertical) ou encore par injection directement dans le granulats du filtre (système horizontal).

### Plusieurs mises en œuvre peuvent être envisagées Traitement de finition après un dispositif biologique

Le lit planté est généralement disposé en aval d'un bassin aérobie (figure 3, photos 2) ou éventuellement d'un dispositif

■ **Photo 3** : Traitement des effluents par lit planté de roseaux sur support de zéolithe avec le dispositif Zeofito® de la cave Baroli dans le Piémont italien, classé patrimoine mondial UNESCO. Le dispositif de traitement, sans nuisances, est implanté directement dans le circuit de visite à proximité de la cave.



■ **Encadré 1** : Utilisation historique de la zéolithe par les mayas pour purifier l'eau.

La zéolithe est reconnue depuis longtemps comme une roche d'origine volcanique possédant d'excellentes propriétés d'adsorption. Des recherches récentes ont souligné que ce matériau était utilisé par la civilisation Maya au Guatemala, probablement vers 1000 ans avant J.-C., pour purifier l'eau stockée dans des réservoirs.

Une zéolithe ou zéolite est une roche formée d'un squelette microporeux d'aluminosilicate, dont les espaces vides permettent d'optimiser l'adsorption et les processus de biodégradation du système racinaire des roseaux.

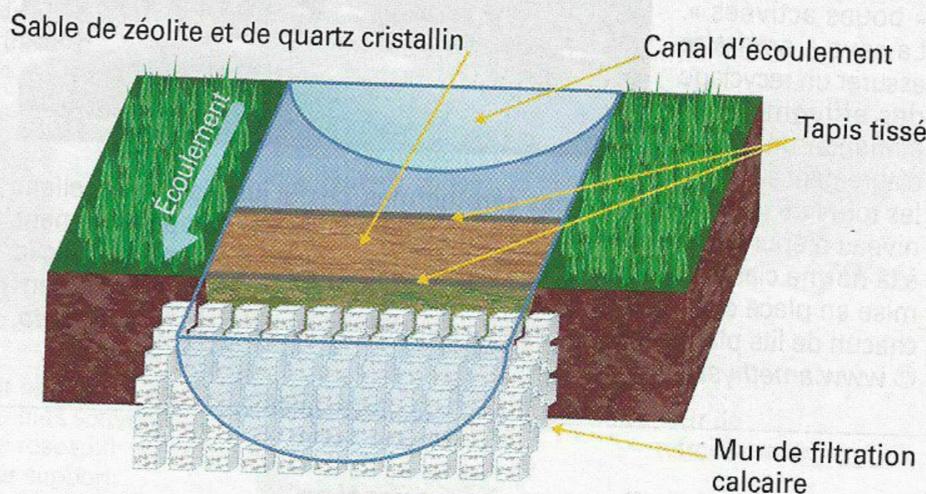


Schéma de l'ancien système de purification de l'eau à Tikal au Guatemala avec un système de filtration sur sable à cristaux de quartz et zéolite (K. Barnett Tankersley et al.).

SOURCE ZEOFITO © WWW.ZEOFITO.IT

anaérobie, associant selon les cas une pré-épuración de 80 à 95 % pour atteindre un niveau proche de 1 à 2 grammes de DCO par litre. Dans ce cas, parallèlement au traitement de finition, le lit planté peut assurer une dégradation des boues du traitement biologique.

**Traitement direct avec lit planté de roseaux sur support de zéolithe**

L'approche classique de traitement par lit planté en finition sur sable impose de réaliser un bassin d'aération important en amont, consommateur d'énergie,

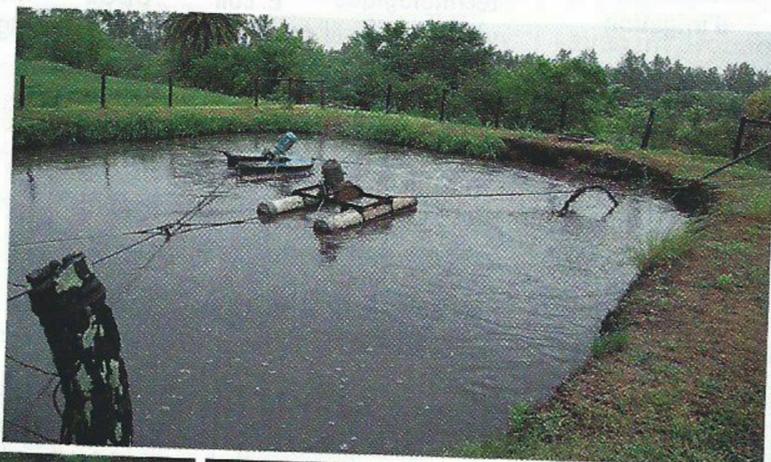
source potentielle de nuisance olfactive et visuelle, d'où la recherche de procédés susceptibles de traiter directement les effluents. Une piste d'optimisation du procédé repose sur de la zéolithe, une roche volcanique avec des propriétés d'adsorption nettement supérieures au sable ou au gravier des filtres traditionnels. Une centaine de dispositifs sont maintenant installés, majoritairement en Italie, avec des objectifs diversifiés : traitement direct des effluents de caves, éventuellement associé aux effluents de la zone oenotouristique, avant rejet vers le

milieu naturel, partiel vers une station d'épuration domestique ou épuration de finition de stations existantes dont le fonctionnement n'est pas optimum ou qui s'orientent vers une réutilisation de l'eau (bassin d'agrément, dispositifs de refroidissement, irrigation, etc.). L'introduction horizontale souterraine des effluents et la microporosité de la zéolithe contribuent à éviter toute odeur parasite, ce qui permet de positionner le dispositif à proximité de la cave, de la zone oenotouristique ou des habitations (photo 3).

**Création d'un marais artificiel**

Les marais à plantes aquatiques ressemblent à des marais ou marécages naturels. Ils se composent généralement de plusieurs bassins peu profonds, contenant de la terre ou un autre substrat pour supporter les racines de la végétation (photos 4).

■ **Photos 4** : Un exemple de systèmes de traitement des effluents de cave avec différentes plantes aquatiques après un premier étage aérobie, bodega Juanico en Uruguay.



SOURCE WWW.BLUE-SET.COM

■ **Encadré 2: Exemple de recyclage des effluents pour alimenter un bassin d'agrément et des tours de refroidissement.**

Les rejets vinicoles et domestiques de la cave Fontanafredda dans le Piémont Italie étaient initialement traités par un système biologique aérobie de type « boues activées ». La cave a souhaité assurer un recyclage des effluents pour alimenter un bassin d'agrément ainsi que les tours de refroidissement des aérothermes, ce qui justifiait un excellent niveau d'épuration (exigence de 15 mg par litre de DCO comparativement à la norme classique de 160 mg par litre). Cet objectif a été atteint avec la mise en place d'un traitement complémentaire avec 2 bassins de 120 m<sup>2</sup> chacun de lits plantés de roseaux sur support de zéolithe de type (Zeofito). © www.amethyst.it).



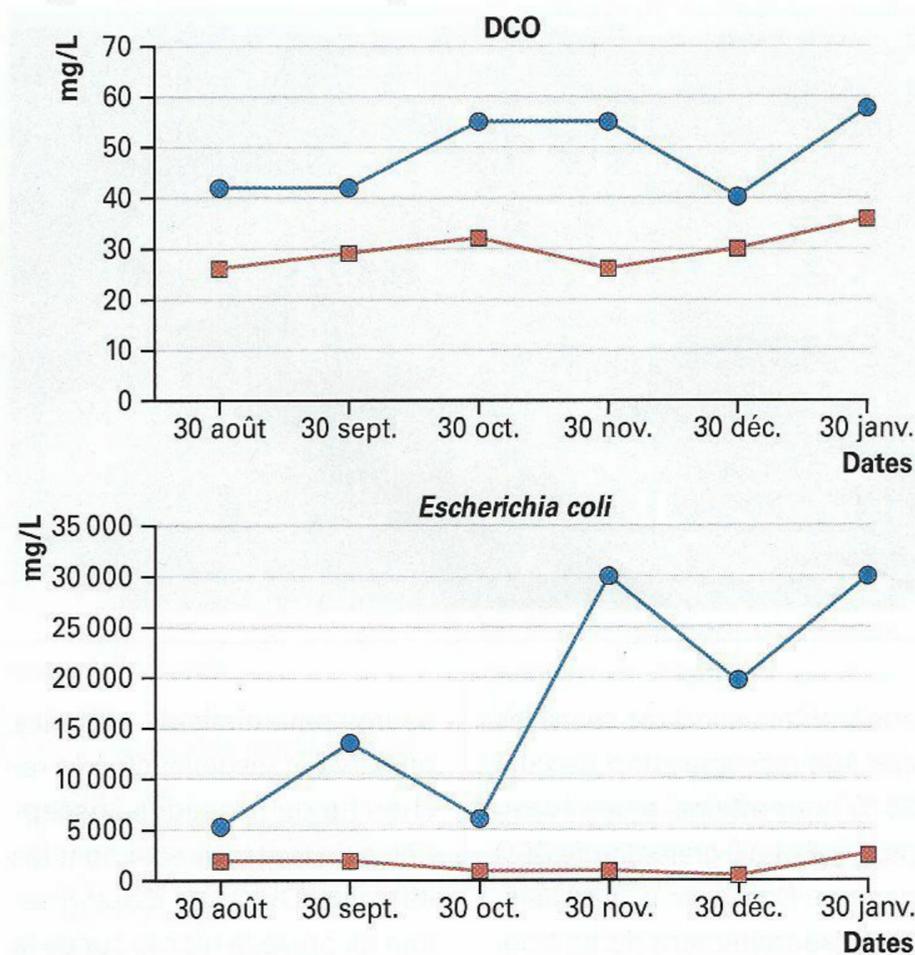
**Réutilisation de l'eau après épuration**

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont limitées, avec une probable accentuation de ce phénomène liée d'une part au changement climatique ainsi qu'à l'augmentation de la population, il est probable que la réutilisation de l'eau se développera et sera peut-être même un impératif réglementaire dans les zones les plus sensibles avec une utilisation notamment pour l'irrigation ou les tours de refroidissement (encadré 1).

**Les principaux risques liés à la réutilisation des effluents pour l'irrigation sont les suivants:**

- **salinité:** la quantité de sels présente dans l'eau utilisée pour l'irrigation affecte directement la salinité du sol;

■ **Figure 4: Comparaison de la DCO, et des germes pathogènes Escherichia coli en aval de la station d'épuration communale italienne de Cossato dans le Piémont, par boues activées (en bleu) et après un traitement complémentaire par lit planté sur support de zéolithe (en rouge).**



- **sodium:** une proportion de la concentration de sodium par rapport aux concentrations de magnésium et calcium élevées peut réduire la perméabilité du sol;

- **chlore:** des concentrations de

chlore peuvent endommager la plupart des plantes à partir de 5 mg/L et les plus sensibles à partir de 0,05 mg/L;

- **métaux lourds et éléments trace organique:** des concentrations

■ **Tableau 1: Réglementation européenne sur la réutilisation de l'eau, applicable à partir de 2023 (règlement 2020/741).** Le règlement indique des seuils de qualité à respecter pour les eaux traitées réutilisées en fonction de quatre types d'usages agricoles.

Catégorie de cultures*	Méthode d'irrigation	Objectif technologique indicatif	Exigences de qualité				Autre
			E. coli (nb/100 ml)	DBO5 (mg/L)	MES (mg/L)	Turbidité (NUT)	
<b>A</b> Toutes les cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec l'eau de récupération et les plantes sarclées consommées crues	Toutes les méthodes d'irrigation	Traitement secondaire, filtration et désinfection	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<b>Legionella spp.:</b> < 1000 ufc/L lorsqu'il existe un risque de formation d'aérosols  <b>Nématodes intestinaux (œufs d'helminthes):</b> ≤ 1 œuf/L pour l'irrigation des pâturages ou des fourrages
<b>B</b> Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération, cultures vivrières transformées et cultures non vivrières, y compris cultures servant à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande	Toutes les méthodes d'irrigation	Traitement secondaire et désinfection	≤ 100	Conformément à la directive 91/271/CEE		-	
<b>C</b> Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération, cultures vivrières transformées et cultures non vivrières, y compris cultures servant à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande	Irrigation goutte-à-goutte** ou autre méthode d'irrigation permettant d'éviter un contact direct avec la partie comestible des cultures	Traitement secondaire et désinfection	≤ 1000	Conformément à la directive 91/271/CEE		-	
<b>D</b> Cultures industrielles, cultures énergétiques et cultures semencières	Toutes les méthodes d'irrigation***	Traitement secondaire et désinfection	≤ 1000	Conformément à la directive 91/271/CEE		-	

\* Si le même type de cultures irriguées relève de plusieurs catégories du tableau 1, les exigences de la catégorie la plus stricte s'appliquent.  
 \*\* L'irrigation goutte-à-goutte est un système de micro-irrigation permettant d'apporter des gouttes d'eau ou de petits filets d'eau aux plantes et consistant à laisser goutter l'eau sur le sol ou directement sous la surface à un débit très faible (2-20 litres/heures), équipé de sorties appelées émetteurs ou goutteurs.  
 \*\*\* Dans le cas des méthodes d'irrigation par aspersion, il convient de veiller particulièrement à protéger la santé des travailleurs et des autres personnes présentes. Des mesures préventives appropriées sont appliquées à cet effet.

■ **Figure 5: Éléments clés de la réussite d'un projet de traitement écologique des effluents caves** (d'après J. Rochard).

**CAVE**

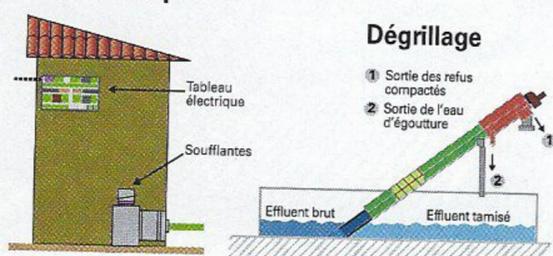
Gestion optimale de l'eau et des sous-produits (bourbes, lies, solution de détartrage)  
Récupération impérative des terres de filtration (kieselguhr, perlite). Utilisation rationnelle des produits de nettoyage et de désinfection.



**DISPOSITIFS EN AMONT**

Intégration paysagère du local technique.  
Système d'alarme et télégestion.  
Mise en œuvre d'un dégrillage efficace et facile à gérer.  
En complément, en fonction du contexte de la station, un système de régulation du pH et éventuellement une filtration complémentaire peuvent être envisagés.

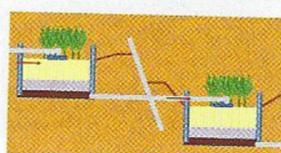
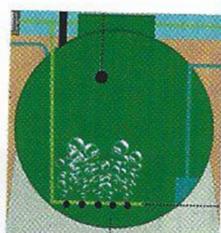
**Local technique**



**TRAITEMENTS**

Bassin résistant à la « corrosion acide » de prétraitement aérobie, dont le volume et l'aération sont adaptés à la pointe de pollution des vendanges et de la vinification, avec un objectif de DCO en sortie de 1 à 2 g/L pour un support granulaire sur sable et un marais artificiel, et 3 à 10 g/L, selon le dimensionnement, pour un dispositif avec zéolithe.  
Éviter les risques de nuisances olfactives, sonores et paysagères des dispositifs aérobies. Pour les marais artificiels, privilégier les plantes locales.

**Bassin d'aération**



**Lit planté**  
(le plus souvent de roseaux) sur support granulaire

**Marais artificiel** (bassins multiples avec une diversité de plantes)



**REJET**

Respecter les normes de rejet locales : le plus souvent entre 125 et 300 m/L de DCO/L. Communication et valorisation de la biodiversité dans la zone du bassin de finition et d'agrément.

Avant rejet éventuellement **Bassin de finition et d'agrément**, zones écologiques, etc.



**Rejet vers le milieu naturel**



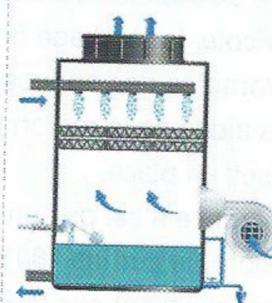
**POSSIBILITÉS DE RECYCLAGE**

Traitement complémentaire à adapter selon le niveau d'épuration et la valorisation de l'eau: filtre à sable, techniques membranaires, stérilisation UV, etc.

**Irrigation**



**Tour de refroidissement**



élevées de nickel, cadmium, molybdène, zinc, cuivre, plomb et mercure peuvent, par effet cumulatif, contribuer à une toxicité et une perte de la biodiversité des sols ;

- **éléments traces organiques et résidus médicamenteux**: micropolluants, dont la présence dans les eaux résiduaires peut présenter un impact sur la santé et éventuellement les sols ;
- **microorganismes pathogènes**, le risque majeur pour l'eau d'irrigation avec de l'eau recyclée est la contamination notamment par des virus, des bactéries, des helminthes et des protozoaires.

Le plus souvent avec une station biologique aérobie, les effluents subissent différents processus de purification variables selon les normes locales et la finalité du recyclage. Les dispositifs les plus courants de séparation concernent la micro et l'ultrafiltration et l'osmose inverse. En complément des traitements au chlore et aux ultraviolets, ou encore à l'ozone, peuvent également être envisagés. Il est important

de considérer que le niveau de pathogènes et de micropolluants est généralement plus important pour un processus biologique classique comparativement aux dispositifs écologiques, en particulier lorsque le granulat support est fin et adsorbant (figure 4).

**Harmonisation des réglementations européennes en 2020**

Constatant l'absence d'harmonisation entre les pays, la Commission européenne a publié en 2020 un règlement 2020/741 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau. L'objectif de ce texte est de permettre à tous les États membres de lever les obstacles à une utilisation plus répandue de ce mode alternatif d'approvisionnement en eau, ce qui pourrait pallier la rareté de l'eau et réduire la vulnérabilité des systèmes (tableau 1).

**Conclusion**

Les systèmes écologiques, qui s'inspirent des écosystèmes de milieux humides, s'intègrent dans la diversité des dispositifs

de traitement des effluents de cave. Leur conception rustique, la simplicité de gestion, la faible consommation énergétique, la valorisation paysagère sont autant d'arguments qui intéressent les professionnels, désireux de développer des démarches durables vis-à-vis des effluents de cave (figure 5). Au-delà de la dimension esthétique, il est possible d'envisager de recréer des zones humides artificielles qui valorisent la biodiversité locale.

Le traitement de finition avec des lits plantés de roseaux sur sable est maintenant développé pour la plupart des nouvelles installations. Des développements plus novateurs par traitement direct sur zéolithe, qui limitent considérablement le volume du bassin en amont, offrent des perspectives intéressantes pour l'avenir, en particulier avec un probable renforcement des conditions de rejet vers le milieu naturel et un développement du recyclage des effluents. Pour une station d'épuration existante, ce type de dispositif peut être envisagé notamment en complément, afin d'optimiser son fonctionnement, faciliter la gestion des boues, ou encore à l'occasion d'un agrandissement de la capacité de la cave, d'un renforcement des normes de rejets ou d'un projet de recyclage.

La mise en œuvre d'une gestion écologique impose d'intégrer parallèlement une démarche environnementale rigoureuse en amont, avec une gestion optimale de l'eau et des sous-produits (bourbes, lies, solution de détartrage, terres de filtration, etc.). Ainsi, par exemple, le rejet de terre de filtration, peut conduire à des dysfonctionnements de tout système de traitement des effluents, mais encore davantage pour des dispositifs écologiques, par effet d'accumulation avec le temps de la silice, qui n'est pas biodégradable. Il est également important de considérer que, si le fonctionnement de ces systèmes est simple et rustique, la réalisation doit être confiée à des spécialistes, avec si possible une bonne expérience du secteur viticole, pour en optimiser la conception, le dimensionnement et le fonctionnement, en intégrant notamment la pointe de rejet pendant les vendanges et les vinifications.

# Gestion optimale de la qualité et de la quantité d'eau dans les caves

Joël Rochard  
VitisPlanet – France.

## Introduction

« Nous ignorons la valeur de l'eau tant que le puits n'est pas à sec » (Thomas Fuller).

L'eau potable utilisable par l'homme ne représente qu'une faible part du total (0,27 %), d'où la nécessité de préserver cette ressource, très mobilisée par le secteur viticole, notamment pendant les périodes de vendanges et de vinification (figure 1).

La quantité d'eau liée aux opérations de nettoyage varie de manière importante d'une cave à l'autre. Le type de vinification, les technologies de nettoyage, la sensibilisation du personnel sont autant de facteurs déterminants dans la consommation d'eau. Les valeurs les plus couramment retenues sont comprises dans une fourchette de 1 à 3 litres par litre de vin produit (figure 2). La vendange et la vinification qui s'étalent selon les régions sur une période de 2 à 8 semaines,

représentent une part importante de la consommation annuelle d'eau (40 à 60 %). Dans une approche de type analyse de cycle de vie, au-delà de la consommation à l'intérieur de la cave, « l'empreinte eau » globale doit également intégrer l'eau nécessaire aux intrants ainsi qu'à la gestion des déchets et des sous-produits, et bien évidemment, ce qui peut représenter une quantité très importante dans certaines régions, à l'irrigation de la vigne.

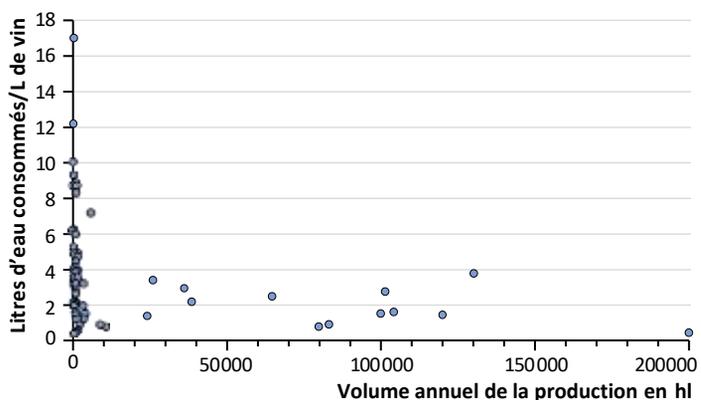
## Eau et sécurité alimentaires

Même si le vin, grâce à sa teneur en alcool, est assez peu concerné par les germes pathogènes, une cave est considérée comme une entreprise agroalimentaire et doit justifier de l'utilisation d'une eau potable. Pour être considérée comme potable, l'eau doit être exempte notamment de toute substance jugée nocive pour la santé :

## Figure 2: Consommation d'eau moyenne dans les caves

(d'après J.-M. Desseigne (IFV), à partir de données de l'IFV, des chambres d'agriculture de Bourgogne et du Languedoc-Roussillon).

La moyenne médiane de la consommation d'eau est de 3,8 L d'eau par litre de vin, tandis que celle pondérée est de 2,1 L (consommation plus faible pour les caves de grande capacité).



–les germes pathogènes, comme les bactéries et les virus;  
–les substances chimiques indésirables, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides (figure 3). La plupart des réglementations internationales imposent de fait l'utilisation d'une eau réputée potable. Cet impératif suppose soit de bénéficier d'un suivi de conformité par le gestionnaire du réseau de distribution, soit de procéder à des contrôles réguliers, s'il s'agit d'un pompage, d'un stockage ou d'un transport (ou éventuellement d'un recyclage). Cette notion de potabilité est bien évidemment

Figure 1: La planète bleue. L'eau sur Terre : 1,38 milliards de km<sup>3</sup> (97,4 % d'eau salée). Seule une infime part de la quantité d'eau sur terre peut être utilisée par l'homme (source: Traité de viticulture et d'œnologie durable, J. Rochard, éditions Avenir œnologie, 2005).

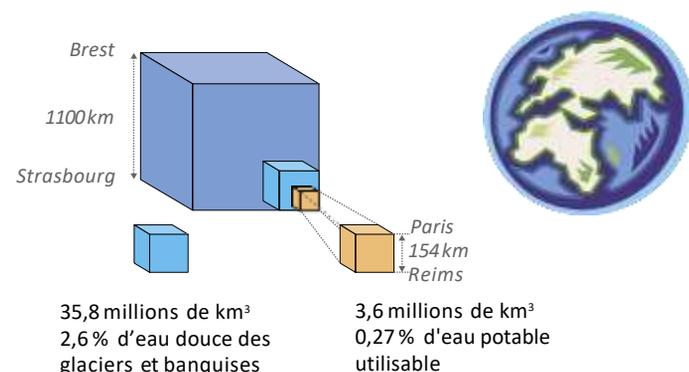
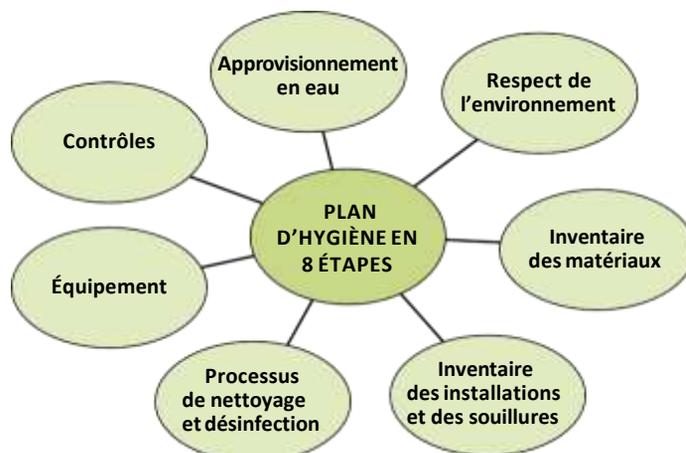


Figure 3: Étape d'un plan hygiène (d'après P. Poupault de l'IFV).



encore plus importante pour l'eau utilisée dans la préparation des additifs et auxiliaires d'œnologie. En complément, concernant la préparation de levains ou de ferments, il est important d'être vigilant vis-à-vis de la concentration en chlore, qui peut perturber le développement microbien.

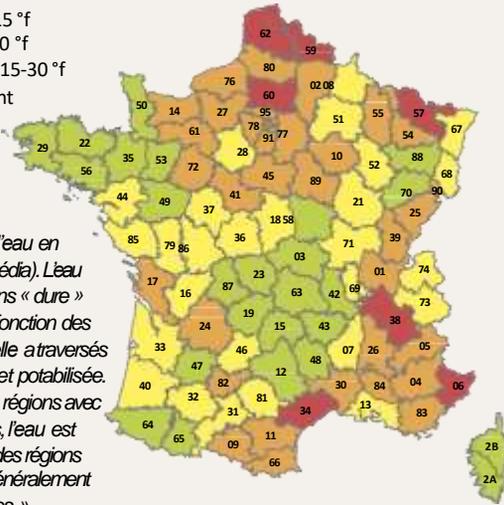
### •Encadré 1 : Maîtrise de la dureté de l'eau.

Le terme de « dureté » de l'eau correspond à sa concentration en calcium et magnésium. Elle est mesurée par le titre hydrotimétrique (TH) dont le taux s'exprime en degrés français « °F » (1 degré français = 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau).

Une eau, dont la dureté est inférieure à 30/50 mg de CaCO<sub>3</sub> par litre, est corrosive, notamment pour les canalisations galvanisées. D'une manière générale, un traitement d'adoucissement peut être envisagé, lorsque la dureté est supérieure à 150 mg de CaCO<sub>3</sub> par litre. Au-delà de l'aspect visuel (film blanchâtre), le dépôt peut parfois atteindre une épaisseur telle que le fonctionnement des matériels (dispositif de chauffage), et parallèlement, les phénomènes d'échanges thermiques (refroidissement des cuves par ruissellement) sont perturbés. L'utilisation de produits de nettoyage acides est généralement indispensable (système de canon à mousse). La teneur en calcium intervient également sur les propriétés tensioactives de l'eau rendant ainsi plus difficile l'élimination des souillures et diminuant l'efficacité des opérations de nettoyage.

L'adoucissement est généralement réalisé soit par des résines échangeuses d'ions, soit par adjonction de gaz carbonique. La neutralisation par le CO<sub>2</sub> est notamment intéressante dans le cadre du rinçage après le détartrage des cuves.

- Eau douce : < 15 °f
- Eau dure : 15-30 °f
- Eau très dure : 15-30 °f
- Eau extrêmement dure : >40 °f



Carte de la dureté de l'eau en France (source: Wikipédia). L'eau peut être plus ou moins « dure » selon les régions, en fonction des sols et sous-sols, qu'elle a traversés avant d'être prélevée et potabilisée. Par exemple, dans les régions avec des sols très calcaires, l'eau est « dure » au contraire des régions granitiques, qui ont généralement des eaux plus « douces ».

### •Photos 1 : Quelques démarches de base pour limiter la consommation d'eau.

La mise en place de dispositifs d'arrêt automatiques permet de réduire les pertes d'eau. Leurs caractéristiques doivent répondre à plusieurs impératifs: facilité de mise en œuvre, solidité, pression du jet. Nettoyage d'un sol à la raclette. Un prénettoyage à sec à l'aide de brosses, raclettes ou balais, permet d'éliminer les résidus et les débris solides qui peuvent entraîner un colmatage des canalisations. Ce prénettoyage réduit la charge polluante, tout en diminuant considérablement les volumes d'eau utilisés.



### Traitement de l'eau

L'eau peut subir plusieurs traitements, qui dépendent de la qualité initiale de la ressource avant d'être acheminée dans les circuits de distribution (encadré 1).

Les principales étapes de potabilisation de l'eau sont les suivantes:

- épuration naturelle par le sol;
- dégrillage, filtration sur sable ou sur membrane.

En complément, l'eau peut subir un traitement de stérilisation par différentes méthodes: micro ou ultrafiltration, chloration, traitement aux ultraviolets ou à l'ozone.

### Stratégies de réduction de la consommation d'eau

Réduire les consommations d'eau ne doit pas remettre en cause la qualité du nettoyage et de l'hygiène générale de la cave. Il est important de mettre en œuvre une formation et une sensibilisation du personnel en particulier durant les périodes de vendanges, pendant lesquelles la main-d'œuvre opérationnelle est souvent constituée d'employés temporaires peu qualifiés. Détecter et limiter les fuites, ne pas laisser un robinet ouvert, utiliser des systèmes d'arrêt automatique, réaliser des

prénettoyages à sec (raclette, balais), sont autant de gestes élémentaires qui limitent l'utilisation de l'eau (photos 1).

La connaissance des consommations d'eau est un préalable indispensable pour réaliser des économies et pour dimensionner et optimiser le système de traitement des effluents. Les relevés permettent de corréler les consommations d'eau avec l'activité de l'établissement et de détecter les périodes ou activités, pour lesquelles des économies d'eau doivent être réalisées. Par expérience, pour les caves qui disposent d'une alimentation en eau « économique et sans régulation » (forage par exemple), les volumes utilisés annuellement sont souvent importants, mais dès lors qu'un projet de traitement des effluents individuels ou collectifs est envisagé, les mesures d'économie deviennent un impératif préalable prioritaire (encadré 2).

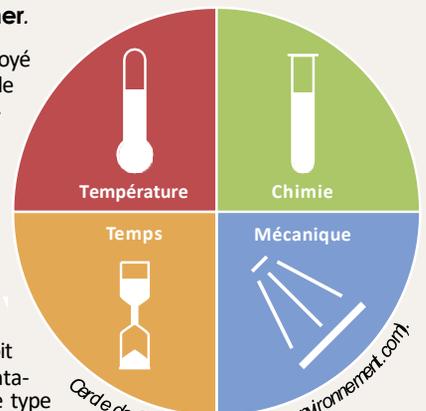
### Nettoyabilité des supports

Un support est d'autant plus facile à nettoyer qu'il présente une surface lisse. Le revêtement des surfaces en ciment avec des résines époxydiques et le type de finition de l'incol ont une incidence sur toutes les opérations de nettoyage des cuves.

### •Encadré 2 : Cercle de Sinner.

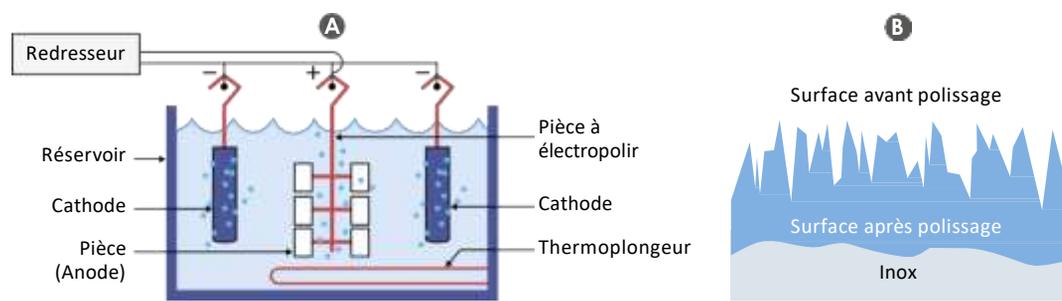
En 1959 en Allemagne, un employé de la société Henkel du nom de Herbert Sinner émet une théorie sur la propreté, s'articulant autour de quatre facteurs indissociables. Plus connu sous le nom de cercle de Sinner ou TACT (température/action mécanique/chimie/ temps d'action), ce système prévoit que la diminution d'un ou plusieurs de ces facteurs doit être compensée par l'augmentation des autres. Ainsi, selon le type de nettoyage à réaliser, il est possible d'obtenir un résultat équivalent, parfois même supérieur, tout en utilisant moins d'eau :

- l'action chimique: application de détergents et autres produits d'entretien;
- l'action mécanique : action manuelle (éponge, balai) ou utilisation de machines de nettoyage (nettoyeur haute pression, autolaveuse, aspirateur...);
- la température : plus la température de l'eau est élevée, meilleurs sont les résultats;
- le temps d'action : plus le temps d'application est long, plus l'action du produit est efficace.



L'état de surface de l'inox définit à la fois son esthétique et sa nettoyabilité. Deux états de surface fréquemment disponibles sont le glacé 2B et le « recuit brillant » (RB ou 2R). L'inox 2B est recuit sous atmosphère ambiante, tandis que le « recuit brillant » est recuit sous atmosphère contrôlée, ce qui confère à ce dernier un état de surface beaucoup plus lisse, qui limite l'accroche des cristaux (acide tartrique) et salissures. Il en résulte une facilité du détartrage ainsi qu'une économie d'eau et de produits de nettoyage, pour une plus-value assez limitée (de l'ordre de 10 %). Une autre technique, qui ne s'applique qu'à des accessoires ou des matériels de petite dimension, utilise le polissage électrolytique ou électropolissage. Les pièces en inox (uniquement de petite dimension) sont plongées en tant qu'anode, dans un bain d'électrolyte spécifique, parcouru par un courant électrique continu (figures 4).

**-Figures 4: Principe de l'électropolissage.** La pièce à traiter étant l'anode du processus électrochimique, elle perd de la matière en surface (sources: www.euroinox.com).



**Principaux dispositifs de nettoyage**

**Surpresseurs**

Le lavage à haute pression, permet de faciliter, grâce à un effet mécanique puissant, l'élimination des souillures au niveau du sol et du matériel tout en consommant une faible quantité d'eau. Néanmoins, l'effet d'éclaboussures et le risque d'altération des circuits électriques et hydrauliques doivent être pris en compte dans la stratégie de

nettoyage. Certaines structures mettent en place un circuit spécifique avec une moyenne pression qui permet d'optimiser le nettoyage sans inconvénients des surpresseurs de 15 à 20 bars.

**Canon à mousse**

Ce dispositif permet de générer de la mousse à partir du produit de nettoyage sous l'action de l'injection de gaz. Cette mousse, qui s'accroche à la surface du support, augmente le temps de contact et facilite l'élimination des souillures (photo 2).

**Lavage des canalisations et tuyaux souples**

La configuration des canalisations et tuyaux et leur utilisation périodique contribuent à des risques potentiels de développement de microorganismes, susceptibles de migrer au cours d'un transfert dans les moûts ou les vins.

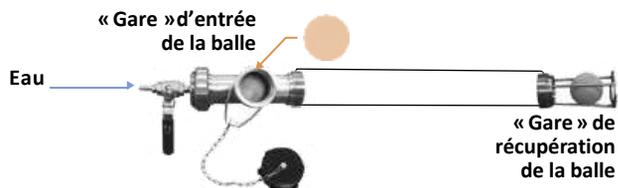
Pour assurer leur nettoyage, parallèlement à une action de lessivage liée à un fort débit, il peut être nécessaire d'accentuer l'effet de turbulence, voire mécanique par différentes méthodes:

- circulation en boucle, pompage en circuit fermé ou dispositif de nettoyage en place;
- utilisation d'une boule en mousse. D'une dimension légèrement supérieure à la section interne de la canalisation, celle-ci est entraînée avec un effet de type « éponge » par le courant d'eau (figure 5);
- mise en œuvre d'une « buse à réaction » reliée à un surpresseur (figure 6).

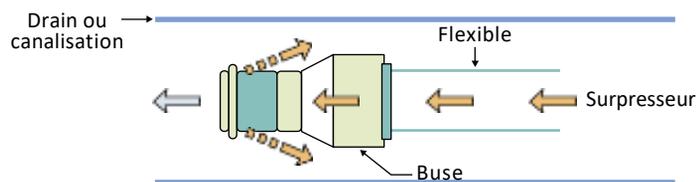
**-Photo 2: Nettoyage d'un sol avec un canon à mousse.**



**-Figure 5: Nettoyage avec une balle.** Celle-ci est comprimée dans le tuyau, puis propulsée par un courant d'eau, ce qui assure un effet mécanique interne dans la paroi. Cette opération peut être facilitée par l'utilisation de « gares » d'entrée et de récupération de la balle.



**-Figure 6: Buse à réaction souvent dénommée « furet ».** Reliée à un surpresseur, elle permet d'assurer, grâce à la projection de jets d'eau à forte pression, un nettoyage de qualité pour des canalisations fixes ou souples, et des drains internes de pressoir.

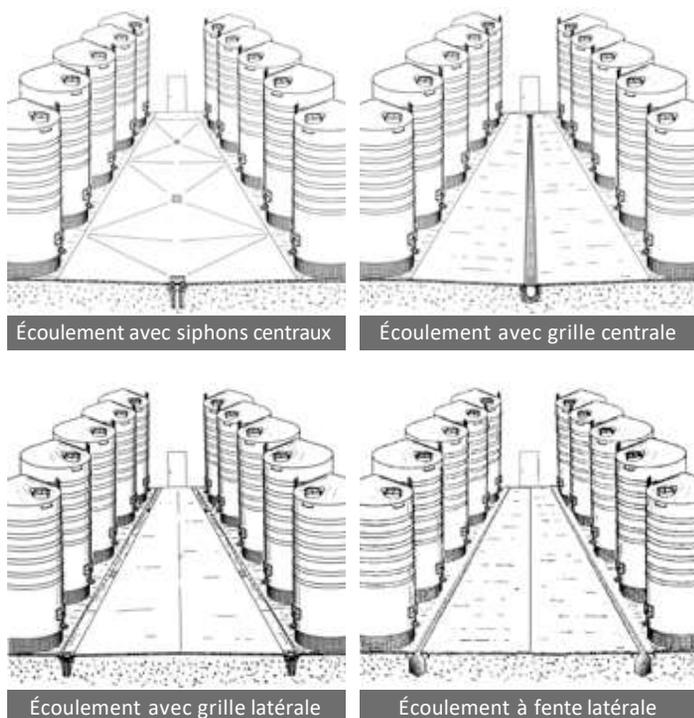


**Caniveaux de sol**

Le nettoyage du sol représente une part significative de la consommation d'eau globale, d'où l'importance d'optimiser la conception des caniveaux et de choisir le revêtement le plus adapté. D'une manière générale, il est souhaitable que la distance entre les points d'écoulement soit assez faible, afin de faciliter le nettoyage et réduire ainsi les volumes d'eau. La pente doit être suffisante (souvent supérieure à 1,5 à 2 %) pour assurer un bon écoulement et limiter le risque d'accumulation d'eau. Concernant les allées, la solution la plus simple consiste à intégrer l'écoulement au centre, mais chaque intervention ponctuelle au niveau d'une cuve contribue au final à salir, avec les passages, l'ensemble de l'allée. C'est pourquoi, concernant aussi bien les aspects liés au confort, à la sécurité, l'hygiène qu'à l'environnement, un écoulement de chaque côté, certes un peu plus coûteux et qui nécessite une largeur plus importante, est généralement préférable (figure 7).

L'inconvénient des caniveaux ouverts est la difficulté de passage des appareils mobiles, avec également des risques d'accident (torsion de cheville). Il est possible d'utiliser les caniveaux de faible profondeur qui associent de manière rapprochée un réseau de collecte composé de siphons d'écoulement.

**-Figures 7: Différents types d'écoulement dans une cuverie**  
(source: *Traité de viticulture et d'œnologie durables*, J. Rochard).



Les caniveaux recouverts d'une grille sont souvent difficiles à nettoyer et parfois fragiles. Les grilles sont souvent déformées par le passage d'un matériel roulant. La conception de type « pointes de diamant » avec des siphons, pour lesquels l'écoulement intervient à partir de plusieurs pentes du sol, est assez complexe et doit être réalisée de manière très professionnelle. Il est fréquent de rencontrer, notamment pour des grandes surfaces, des phénomènes d'accumulation d'eau résiduelle dans les zones de contre-pente, préjudiciables à l'hygiène et l'esthétique de la cuverie, et qui impose l'utilisation permanente de raclettes.

Le caniveau inox « à fente », en inox profilé, intègre dans la conception une pente très faible. Certains modèles « à profil visitable » présentent des parois visibles depuis l'extérieur, ce qui facilite le nettoyage. Concernant la vinification en rouge, avec éventuellement une quantité importante de marc et de rafles, un colmatage peut potentiellement intervenir, ce qui suppose de gérer avec rigueur les opérations en amont.

Plus un sol est lisse, plus il est facile à laver, mais parallèlement à la facilité de nettoyage, le risque de glisse doit également être pris en considération. Bien souvent, un compromis dépendant de la pente,

de la fréquence des nettoyages ou des passages, doit être trouvé. En fonction du danger de chute par glisse (pente, fréquence de passage), il peut être nécessaire de privilégier les revêtements de type antidérapant, malgré les difficultés de nettoyage. À l'inverse, dans des zones techniques sans passage, il est possible de mettre en œuvre une surface assez lisse, mais antiglissante. Pour les carrelages, il est également important de mettre en œuvre des joints résistants à l'acidité du vin et à l'agressivité des produits de nettoyage.

### Eaux de ruissellement

La maîtrise des températures au cours de la fermentation alcoolique des vins blancs est encore parfois réalisée par simple ruissellement d'eau. Le potentiel de refroidissement de l'eau est important lorsque celle-ci se volatilise (environ 600 cal/g), mais d'un point de vue pratique, compte tenu de la faible ventilation des cuveries intérieures, l'hygrométrie ambiante dépasse souvent 95 % ce qui limite l'évaporation. Ainsi, le refroidissement intervient uniquement par transfert thermique, ce qui conduit à une forte consommation en eau (500 à 1 000 litres par hectolitre de vin). L'installation d'échangeurs thermiques internes (drapeaux) ou externes (ceintures) permet de résoudre ce problème de rejet, tout en augmentant l'efficacité de la maîtrise des températures (**photos 3**).

### Conclusion

Le vieil adage « *Il faut utiliser beaucoup d'eau pour faire du bon vin* » témoigne de l'importance de l'eau pour toutes les opérations liées à l'hygiène des chais. Mais dans certaines régions méridionales, la disponibilité en eau a tendance à diminuer et ce phénomène pourrait s'accroître avec les changements climatiques, ce qui justifie une stratégie de réduction de la consommation, également motivée par une mise en œuvre plus aisée du dispositif de traitement des effluents. La conception des sols, les performances des dispositifs de nettoyage et de refroidissement ainsi que la formation et la sensibilisation du personnel sont autant d'aspects à intégrer dans la gestion des caves, avec un processus de management environnemental basé sur une recherche d'amélioration continue. Concernant la qualité, l'eau utilisée dans les caves, avec le plus souvent des critères de potabilité, doit permettre de maîtriser les dangers pour la santé du consommateur avec une évaluation des risques selon la méthode HACCP. Au cours des prochaines décennies, au-delà de l'alimentation classique par le réseau ou un pompage, d'autres pistes pourront être explorées afin d'assurer un approvisionnement, qui ne porte pas préjudice à la ressource locale. Le recyclage interne, la récupération des eaux de pluie, la réutilisation des effluents après traitement, vont probablement connaître un développement au cours des prochaines décennies. Bien évidemment, l'utilisation de cette eau dans le processus d'élaboration, imposera une très grande vigilance vis-à-vis de ses caractéristiques, tant vis-à-vis de la qualité des vins que des impératifs de sécurité alimentaires.

**-Photos 3: Différentes méthodes de régulation thermique de la fermentation alcoolique:**

- A** aspersion avec de l'eau,  
**B** échangeurs internes, **C** échangeurs externes.



**NDA:** Pour en savoir plus, voir l'article « *Perspective de réutilisation des eaux usées des effluents de cave* », J. Rochard, *Revue des Cœnologues* n° 181 Spécial, novembre 2021, p. 57-61.