

REVUE FRANÇAISE D'

œ n o l o g i e

PUBLICATION OFFICIELLE DES ŒNOLOGUES DE FRANCE

bimestriel N° 292

mars - avril 2019

Peut-on encore  
se passer du  
**NUMÉRIQUE**  
EN VITICULTURE ?



# [ Forum de Davayé ]

## La conception bioclimatique des bâtiments vinicoles

Par **Laurent Provost** - EnR'CO Conseils

### INTRODUCTION

#### Concevoir, c'est avant tout prévoir

L'architecture bioclimatique est une méthode constructive associant mieux l'homme, la construction, son usage et son exploitation, dans son environnement, tout en s'attachant à respecter certains critères environnementaux.

Tant de paramètres physiques entrant en jeu, qu'il est tout autant difficile de synthétiser un domaine aussi complexe que l'énergétique du bâtiment, que celui de l'élaboration d'un bon vin à partir d'un bon raisin.

Retenons, qu'elle consiste essentiellement à écoconcevoir intelligemment avec le climat local et le contexte environnemental (actuel, passé et à venir...) pour un usage clairement défini, afin d'obtenir les meilleures performances énergétiques tout en offrant un service/confort optimum, durable et à moindre coût.

#### L'USAGE DOIT RESTER AU CENTRE DE L'ATTENTION !

Construire un bâtiment d'habitation, des bureaux, un chai vinicole ou un hangar ne nécessite pas de satisfaire les mêmes besoins.

Il s'agira, dès lors que des conditions thermiques seront à satisfaire, d'éviter les pertes et de maximiser les gains », tout en respectant à la fois des cibles environnementales et la maîtrise d'un budget de construction. Il sera alors affaire de compromis tout au long de la phase de conception.

#### ETUDIER POUR PRÉVOIR

La réussite de toute opération de construction, ou de rénovation, est conditionnée à l'adoption d'une démarche intégrée, rigoureuse et structurée :

- Programme ou « expression des besoins client »
- Diagnostic préalable (rénovation)
- Planification de l'opération
- Conception
- Réalisation
- Réception
- Exploitation & maintenance

La conception bioclimatique implique de bien, de mieux, et finalement de bien-mieux concevoir les bâtiments en utilisant quelques règles de bon sens, souvent déduites de l'observation des constructions anciennes.

Elle doit être confiée à une équipe de Maîtrise d'œuvre, constituée d'architectes, de bureaux d'études (structure, thermique/Fluides, électricité, acoustique...), d'économistes de la construction, de planificateurs... formés et disposant d'un retour d'expérience dans le domaine de la construction vinicole afin de répondre aux exigences d'esthétisme et de qualité requise.

#### L'observation et l'attention sont au cœur du processus de conception bioclimatique

La conception bioclimatique, c'est construire avec le climat et non contre lui.

Dans cette démarche d'écoconstruction, l'usage des « équipements techniques » pour compenser un manque de cohérence ne doit plus être une évidence !

**Le processus de conception bioclimatique repose sur l'observation du climat local afin d'intégrer les événements naturels et d'en tirer les meilleures parties :**

- Vent (direction, intensité, fréquence...);
- Soleil (irradiation, inclinaisons Eté/Hiver);
- Précipitations (pluie et neige);
- Ecrans et masques naturels (au vent, au soleil, à la vue naturelle...).

**Tout en tenant compte des spécificités de l'environnement géographique immédiat afin d'anticiper les risques et de s'intégrer au mieux dans le paysage :**

- Intégration harmonieuse dans le paysage;
- Ressource en eau et gestion des effluents;
- Impacts sur le milieu (nappe phréatique, niche environnementale...)
- Evolution de la topographie (végétation, zones constructibles...);
- Risques naturels (inondabilité, infiltrations, séismes, neige, tornades, mouvements de terrains...);
- Risques technologiques (CEVESO, ICPE, réservoirs, barrages, stockages...);
- Bruits (équipements, voies de circulation, voies ferrées, cascades, forêts...).

Le choix réfléchi des matériaux, l'orientation, l'exposition, l'isolation, les protections face aux éléments naturels et le lieu d'implantation de la construction forment un tout et doivent être pertinents.

Cela implique un travail de conception plus important et donc plus long, mais anticipé, et un peu plus coûteux en études, mais rapidement amorti sur le coût de la construction et sur la durée de vie du bâtiment...

L'approche budgétaire d'une écoconception en coût global (investissement + exploitation + entretien + fin de vie) prend toute son importance et permet de statuer sur une solution en toute objectivité.

## 1 Critères de sélection de différentes solutions d'isolation thermique

### COMMENT CHOISIR UNE SOLUTION D'ISOLATION THERMIQUE EFFICACE ET DURABLE ?

Il n'y a pas de solution idéale n'y de solution universelle.

Le choix d'un isolant thermique dépend d'un ensemble de données combinées, qui au-delà des performances thermiques et énergétiques visées et de la volonté affichée de choix respectueux de l'environnement, doit avant tout être sélectionné en fonction de ses performances intrinsèques et de sa compatibilité avec le milieu dans lequel il est prévu d'être installé.

Un bon isolant thermique, caractérisé par son coefficient de résistance thermique (en  $m^2K/W$ ), est un matériau sec, qui à épaisseur égale, contient le moins de matière et le plus d'air statique, c'est-à-dire sans mouvement.



Dès lors, le milieu environnant a toute son importance. Milieu sec ou milieu humide, venté ou non.

L'inertie thermique a également une importance prépondérante dans les performances thermiques et énergétiques

A l'inverse de l'isolant, un matériau présentant de bonnes performances inertielles est un matériau qui contient le plus de matière et le moins d'air, et présentant des propriétés de déphasage thermiques et de stabilité hygrothermiques.

L'inertie est caractérisée par la quantité d'énergie nécessaire à l'augmentation d'un degré de sa masse (en  $Wh/kg \cdot ^\circ K$ ). Les matériaux lourds et compacts sont intuitivement à privilégier (pierre, terre, béton, cuves d'eau et de vin...)

### DEUX MONDES S'OPPOSENT ET SE COMPLÈTENT

Une bonne performance isolante ne peut être obtenue avec un matériau présentant une bonne inertie thermique, et vice versa. Il est donc nécessaire de combiner les deux, dans une juste proportion, afin de minimiser à la fois les variations de températures et la consommation d'énergie des systèmes climatiques auxiliaires, le cas échéant.

**Une étude attentive doit être réalisée pour chaque paroi afin de respecter simultanément un ensemble de critères prérequis à leur mise en œuvre :**

→ Règles de dimensionnement : doit répondre à des besoins pour l'été/l'hiver, les deux ?

→ Choix des matériaux d'isolation par rapport à l'enveloppe (sol, murs, plafond et ouvrants) pour le respect simultané de plusieurs critères (thermique, énergétique, mécanique, fongique...)

→ Résistance thermique chaud/froid (= objectif initial) afin de limiter les apports et les pertes extérieurs et intérieurs (solaires, infiltrations d'air...)

Une isolation thermique et acoustique combinée ? Tout dépend des propriétés intrinsèques des matériaux et du respect des règles de mise en œuvre.

→ Contribution à l'inertie thermique global, en isolant impérativement du bon côté de la paroi !

A défaut, il est nécessaire de compenser tout ou partie de l'inertie perdue par un apport d'inertie complémentaire (pierre, béton, terre, volume d'eau ou de vin (cuves, bouteilles, fûts...).

→ Capacité à créer un déphasage thermique satisfaisant (tamponnage des apports solaires entre l'heure du « coup de chaud » et l'apport réel dans le bâtiment, accumulation des dégagements internes...)

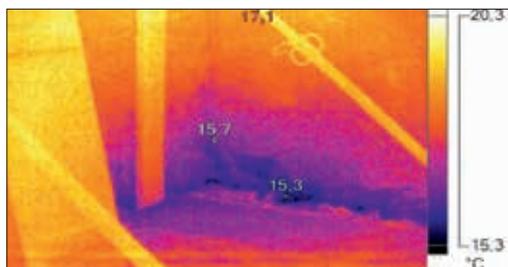
→ Satisfaire aux bonnes règles de diffusion de vapeur d'eau et de perméabilité à l'air (éviter les causes de dégradations du bâti et les développements fongiques...)

### ISOLER NE SIGNIFIE PAS RENDRE ÉTANCHE ET NE PAS VENTILER !

Le confinement est la principale source des développements fongiques et d'empreintes olfactives.

→ Impacts environnementaux (choix multicritères à la carte... dans le cadre d'une démarche volontaire d'écoconstruction).

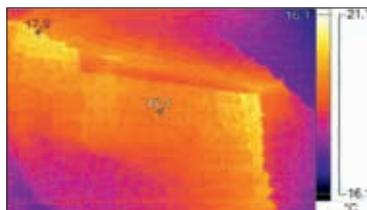
A titre d'exemple, le tableau suivant concernant le comparatif multicritère de différentes solutions d'isolation thermique d'un plancher haut d'une cave d'élevage donnant sur des bureaux.



Mur pierre 50cm semi enterré : Exemple de remontées capillaires visible par imagerie infrarouge.



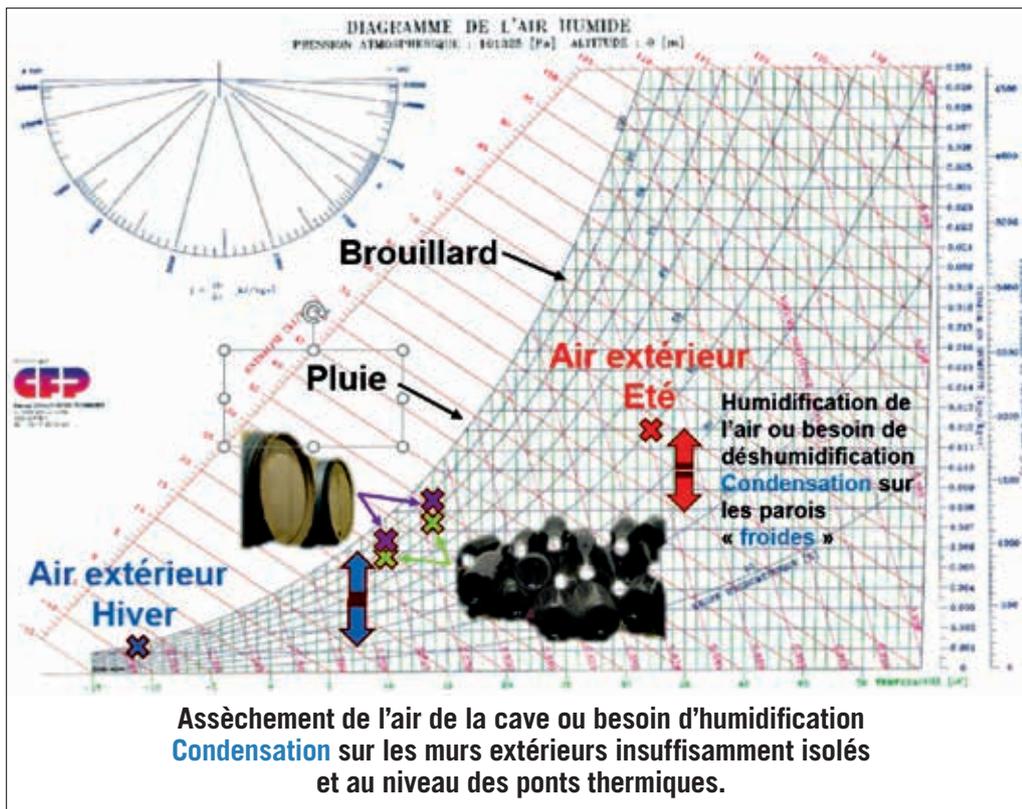
Les caves font parfois l'objet d'importants apports thermiques internes : image infrarouge de fûts de Pouilly-Fuissé en cour de FA.



Mur pierre 50cm par journée très ensoleillée : Exemple de ponts thermiques générés par des différences d'épaisseur de pierre et d'assemblages entre extérieur et refend en l'absence d'isolation thermique extérieure.



Exemple de développements fongiques liés à un excès permanent d'humidité. La combinaison température basse + forte hygrométrie + substance nutritive (cellulose, sucre...) favorise les développements fongiques.



Points caractéristiques des ambiances des locaux d'élevages et de vieillissement et de la problématique de gestion de la condensation sur les parois.

## 2 « Huit règles de base »

### ANALYSER ET PRENDRE EN COMPTE LE TERRAIN, L'ENVIRONNEMENT PROCHE ET LE MICRO-CLIMAT

- Vent (direction, intensité, fréquence...);
- Soleil (inclinaison Été / Hiver);
- Ressource en eau (neige, inondabilité des crus...);
- Ecrans et masques naturels (au vent, au soleil, à la vue naturelle...).

### CONCEVOIR AVEC UNE BONNE COMPACTITÉ

(consommation d'énergie d'une construction de 100 m<sup>2</sup> au sol = +2% par rapport à 50m<sup>2</sup> sur 2 niveaux) en répartissant les pièces suivant l'orientation :

**Nord** : besoin de froid ou de fraîcheur en permanence, ou sans besoin thermique de confort

**Sud** : besoin de chaleur pour les besoins de confort

Circulations et « Zones tampons » entre 2 zones thermiques ou entre une zone thermique et l'extérieur.

### ISOLER AVEC SOIN POUR MINIMISER LES BESOINS

(été/hiver) en tenant compte de la nature des matériaux de construction (pierre, béton, brique...), de la nature des sols rencontrés (sous-sol ou terre-plein, voies d'eau, remontées capillaires...) et des risques associés à une mauvaise mise en œuvre (ponts thermiques, détérioration des isolants et parois, développements fongiques...).

### INTÉGRER ET VALORISER LA COURSE DU SOLEIL DANS LA CONCEPTION (APPORTS/PROTECTIONS)

	LATITUDE	INCLINAISON DU SOLEIL [°/HORIZONTALE]	
		ÉTÉ	HIVER
Reims	49°18	64,5	17,5
Dijon	47°15	66,5	19,5
Bordeaux	44°50	69	22

Un écart de 47° partout en France.

### DIMENSIONNER ET DISPOSER LES OUVERTURES « STRICTEMENT NÉCESSAIRES » POUR BÉNÉFICIER D'UNE VUE AGRÉABLE, D'UNE LUMIÈRE NATURELLE ET FAVORISER LES APPORTS SOLAIRES DANS LES PIÈCES DE CONFORT

**Façade Nord** : lumière constante sans apport thermique

**Façade Sud** : apports, intensité et couleur de lumière variables dans la journée et suivant les saisons

Une attention particulière sera également portée à la direction du vent face aux ouvertures afin de s'en protéger ou d'en tirer parti.

### CHOISIR LES MATÉRIAUX ADAPTÉS

Afin de bénéficier d'une inertie thermique intérieure maximale (été/hiver) en évitant les pièges (diffusion de vapeur d'eau, condensation, remontées capillaires, aérocontaminations, développement de moisissures, maintenabilité...).

Chaque composant doit être choisi avec soin en fonction du contexte propre à la construction envisagée, de sa compatibilité avec les autres matériaux et des cibles environnementales visées.

### LIMITER LES INFILTRATIONS D'AIR « PARASITES » ET NON CONTRÔLÉES

Il est nécessaire de définir une stratégie de ventilation (débit, positions entrée et évacuation) et de privilégier une solution de ventilation efficace. Le maintien d'un taux d'hygrométrie dans les locaux d'élevage, de vieillissement et de stockage est une exigence dans les caves de vinification, tout comme l'évacuation du CO<sub>2</sub>.

### ADOPTER DES SOURCES D'ÉNERGIE ADAPTÉES ET PEU POLLUANTES, EN PRIVILÉGIANT LES ENR (ÉNERGIES RENOUVELABLES)

→ **Free Cooling** (air extérieur), Géocooling (puits climatique), Géothermie (sur nappe ou sonde), rafraîchissement adiabatique, climatisation solaire.

→ **Free Heating**, géothermie, biomasse, biogaz, cogénération et récupération chaleur fatale (eaux usées, Fermentation Alcoolique, air comprimé).

→ **Solaire thermique et photovoltaïque** pour aller vers l'énergie positive !

EnR'CO conseils	Comparaison multicritères des stratégies de renouvellement d'air traditionnelles						
	Etanchéité totale	Infiltration réparties	Aération (ouvertures portes & fenêtres)	Ventilation			
				Naturelle (VB/VH)	Naturelle Assistée	Mécanique simple flux	Mécanique double flux
Gestion du taux de CO <sub>2</sub>	---	---	-	- / +	+	++	+++
Gestion du taux hygrométrique	---	--	-	- / +	+	++	+++
Élimination des odeurs intérieures	---	--	--	- / +	+	++	+++
Élimination des COV intérieurs	---	--	-	+	++	++	+++
Barrières aux COV extérieurs	+++		--	--	--	--	+++
Limitation virus intérieurs	---	--	-	+	++	++	+++
Barrière aux virus extérieurs	+++	-	--	--	--	--	+++
Particules (poussières, pollens)	+++	-	--	--	--	--	+++
Consommation énergie chauffage	+++	-	--	-	--	--	+++
Consommation énergie électrique	+++	+++	--	+++	-	--	---
Homogénéité de l'air	---	---	+++	--	-	-	+++
Confort thermique	- / +	--	---	--	-	--	+++
Bruit	+++	-	--	--	--	--	+++
Compatibilité avec puits canadien	---	---	---	- / +	- / +	- / +	+++
Compatibilité avec puits hydraulique	---	---	---	- / +	- / +	- / +	+++



Exemple de mur sandwich à forte inertie, constituée d'une épaisseur importante à l'intérieur (inertie), d'un isolant thermique performant (R=5 m²KW minimum) et d'un parement massif extérieur (bouclier thermique).

### 3 Incidence du choix des matériaux, de l'orientation du bâtiment et des règles d'usage sur les performances thermiques et énergétiques

L'obtention de performances thermiques et énergétiques durables d'un bâtiment vinicole avec cave et stockage, passe par le choix raisonné de l'implantation topographique du site, d'une orientation adaptée des surfaces extérieures, de la valorisation du vent mais aussi et avant tout de la sélection de matériaux disposant d'une inertie thermique très importante alliée à un usage

	ORIENTATION CAVE - NE			ORIENTATION CAVE - NO			ORIENTATION CAVE - SE			ORIENTATION CAVE - SO		
	Température la plus haute atteinte dans la cave* (C°)	Données générales du Bâtiment Vinicole Consommation énergie FROID kWh/an	Consommation énergie CHAUD kWh/an	Température la plus haute atteinte dans la cave* (C°)	Données générales du Bâtiment Vinicole Consommation énergie FROID kWh/an	Consommation énergie CHAUD kWh/an	Température la plus haute atteinte dans la cave* (C°)	Données générales du Bâtiment Vinicole Consommation énergie FROID kWh/an	Consommation énergie CHAUD kWh/an	Température la plus haute atteinte dans la cave* (C°)	Données générales du Bâtiment Vinicole Consommation énergie FROID kWh/an	Consommation énergie CHAUD kWh/an
Béton isolé	23,96	56 899	473	23,95	56 643	478	23,91	56 228	550	23,93	56 382	536
Béton isolé sans inertie interne	31,48	54 839	839	31,47	54 596	845	31,39	54 196	916	31,44	54 357	902
Béton non isolé	20,51	77 079	37 317	20,60	76 757	37 320	20,77	77 585	38 260	20,86	77 330	38 317
Béton non isolé sans inertie interne	25,54	78 400	41 333	25,75	78 171	41 349	26,01	78 874	41 170	26,22	78 713	42 200
Pierre isolée	23,93	57 798	482	23,92	57 527	487	23,87	57 083	542	23,89	57 233	531
Pierre isolée sans inertie interne	31,46	56033	832	31,43	55 575	838	31,34	55 341	894	31,39	100 736	882
Pierre non isolée	19,74	64 963	16 576	19,79	64 413	16 703	19,93	64 772	17 556	19,99	64 665	17 543
Pierre non isolé sans inertie interne	24,77	65 740	19 271	24,84	65 527	19 414	25,08	65 199	20 199	25,15	65 753	114 066

\*Température maximale atteinte dans la cave sans équipement de chauffage/climatisation dans des conditions non optimisées de conditionnement des autres locaux.

Dans ces conditions de calculs, l'orientation Nord-Est est à la fois la plus avantageuse et la plus pénalisante suivant le mode constructif retenu et le volume de vin stocké.

La modélisation par simulation thermique dynamique (STD) permet de comprendre l'incidence et la pertinence du choix individuel et de l'association des matériaux, combinés à la modification de l'orientation du bâtiment. Ensuite, l'influence des règles d'usage (ouverture des portes, aération, volumes stockés...) et le paramétrage des équipements de conditionnement d'air. Cet outil permet d'étudier des choix infinis et de déterminer les meilleurs compromis.

A titre d'illustration, ce bâtiment vinicole, relativement compact, étudié dans les conditions climatiques de la Bourgogne viticole.

#### DONNÉES BÂTIMENT

→ Superficie totale : 1 260 m<sup>2</sup>

→ Volume conditionné : 5 275 m<sup>3</sup>

#### Donnée cave d'élevage en fûts et foudres

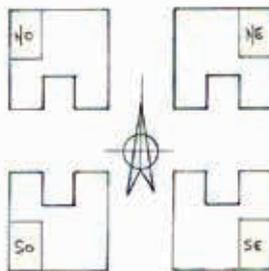
→ Superficie de la cave : 152 m<sup>2</sup>

→ Volume conditionné : 915 m<sup>3</sup>

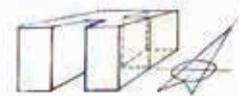
#### DEUX PRINCIPES CONSTRUCTIFS SONT COMPARÉS :

→ Mur traditionnel en pierre de bourgogne (épaisseur 50cm)

→ Mur en béton armé (épaisseur 30 cm)

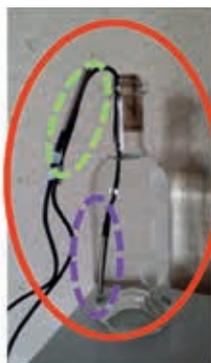


NE = Nord-Est NO = Nord-Ouest  
SE = Sud-Est SO = Sud-Ouest



Modélisation 3D du bâtiment dans l'outil de modélisation thermique/énergétique

## 4 Incidence de la variabilité de la mesure de température



Cette expérimentation « maison », met en avant l'influence du mode de mesure de la température suivant le lieu d'implantation de la sonde de mesure.

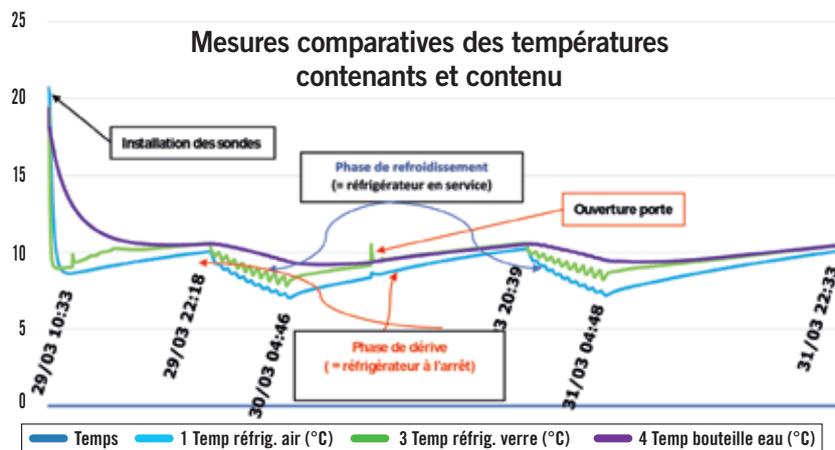


**BLEU** : sonde de température ambiante  
**VERT** : sonde thermoplongeur dans l'air  
**VIOLET** : sonde thermoplongeur dans l'eau / bouteille en verre

## 5 Influence du mode de mesure de température

La température de l'eau est plus stable et toujours plus élevée que celle de l'AIR du réfrigérateur. Il est donc préférable de suivre et réguler la température du contenu plutôt que l'ambiance des lieux de stockages. Il en résulte, dans ce cas, d'une consommation électrique divisée par 10 !

Cela vaut quelques fois la peine et le coût de remettre en cause quelques principes trop bien ancrés dans nos pratiques et nos habitudes, surtout en ces temps de mouvance « écologique » de recherche d'« économies »...



Des vins récompensés par les

Œnologues de France



Un label de qualité



Congrès National  
22 > 25 mai 2019  
l'Île des Embiez

œno-sensations  
COGNITION DE L'EXPÉRIENCE GUSTATIVE

