



• Briançonnais • Ecrins • Guillestrois • Queyras



**TERRITOIRE À ÉNERGIE POSITIVE** POUR LA  
**CROISSANCE VERTE**  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DE LA MER

# Formation des élus et des techniciens à la MDE

*2017 : les principes*

**2018 : agir**

# Maitrise de l'énergie & Énergies renouvelables

## Un bâtiment ne consomme pas d'énergie

Zéro  
énergie

Ventilation  
naturelle



Sauf si des êtres  
humains  
doivent utiliser  
ce site ....

« consommation des bâtiments »  
Où  
« besoins humains en énergie » ?

# L'énergie : Un besoin humain

**Confort - santé**



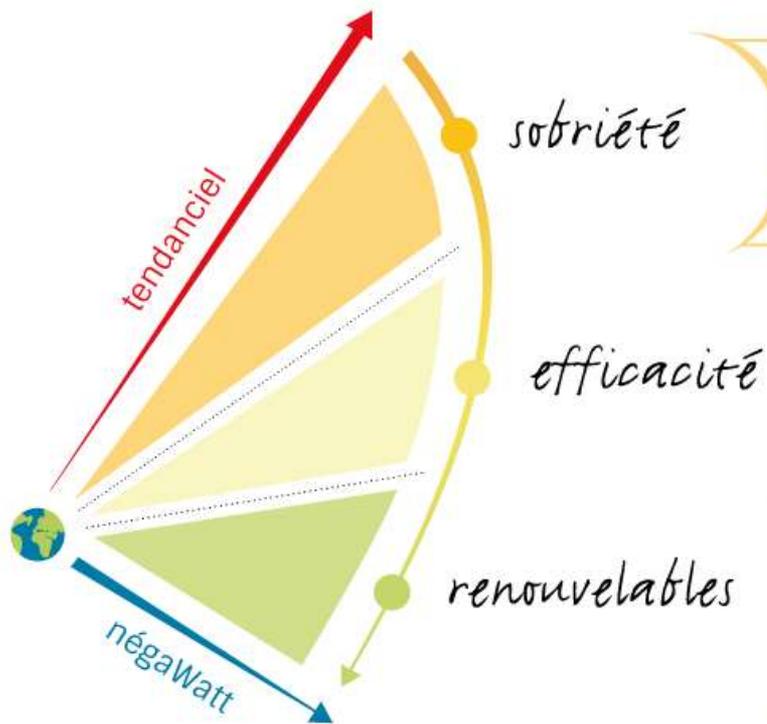
Alimentation



Culture  
Communication



L'énergie est une conséquence, pas une cause à traiter



**Prioriser les besoins énergétiques essentiels** dans les usages individuels et collectifs de l'énergie.  
*Éteindre les vitrines des magasins et les bureaux inoccupés la nuit, limiter l'étalement urbain, réduire les emballages, etc.*

**Réduire la quantité d'énergie** nécessaire à la satisfaction d'un même besoin.  
*Isoler les bâtiments, améliorer les rendements des appareils électriques et des véhicules, etc.*

**Privilégier les énergies renouvelables** qui, grâce à un **développement ambitieux mais réaliste**, peuvent remplacer progressivement les énergies fossiles et nucléaire.

Consommation d'énergie

Production

MDE

EnR

**Démarche  
négaWatt**

**MDE**

**EnR**

**Bioclimatisme**

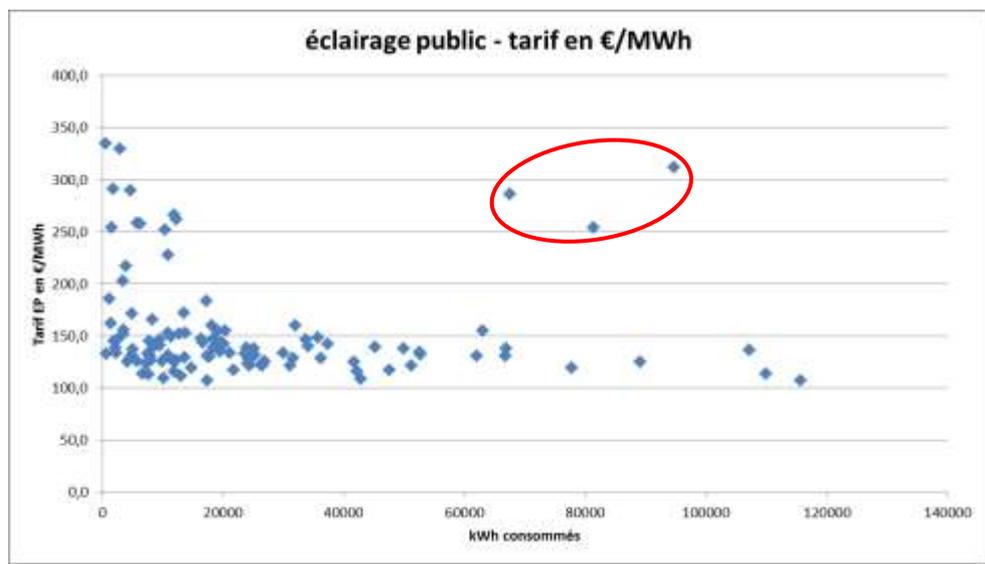
**Le « climat » nécessaire à la « biologie » humaine**

# Sobriété

# Commencer par : payer le juste prix

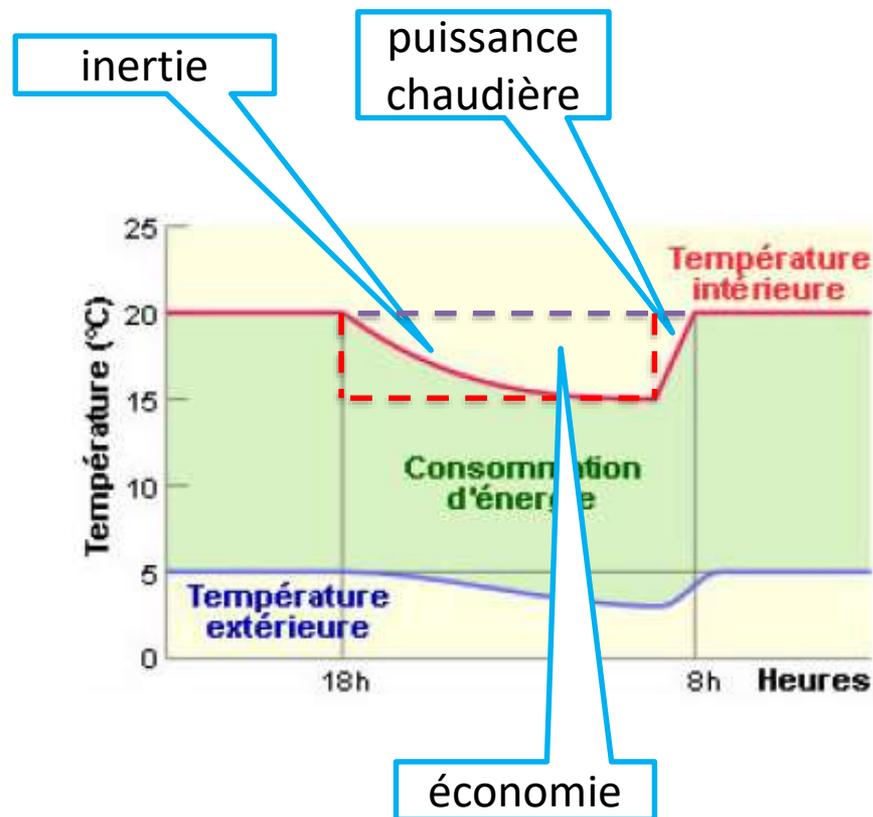
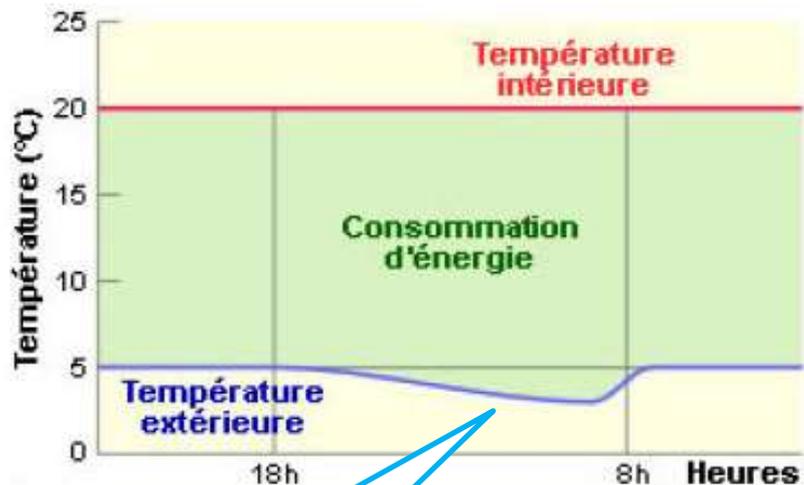
FACTURE N°	SAR	DATE	SUM	DESTINATAIRE	DATE	...
20140001	20140001	20140001	20140001	20140001	20140001	...
<b>405 €/MWh !</b>						

Économiser sur les factures  
 →  
 pour financer la MDE



# Ne consommer que pour les humains

**1°C en moins =  
7% d'économie !**



➤ Chauffer les locaux lorsqu'ils sont utilisés / différencier les usages

# Ne consommer que pour les humains



➤ éclairer les humains, pas les voitures ou le ciel

# Efficacité



**Isoler**  
**Réduire les vitrages**



# Ventilation par bureau et par salle



**Entrée d'air**



**Extraction**



## Isolant thermique

**Ils se valent tous**

*( $\lambda=0,026 - 0,033 - 0,040$  : peu importe)*

**L'important est la qualité de mise en œuvre**



**Idéalement :**  
**40 cm en toiture**  
**30 cm sur murs**

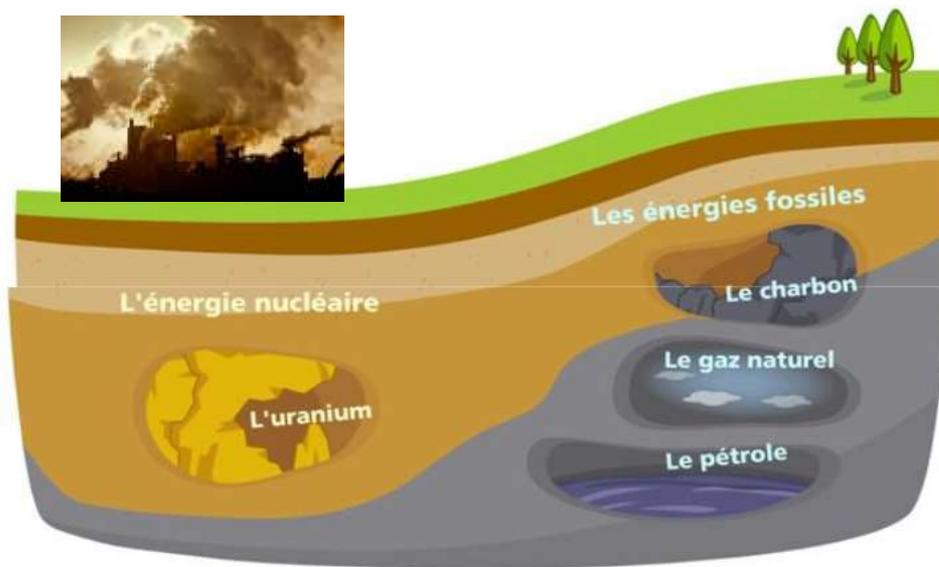
**Correct :**  
**30 cm en toiture**  
**20 cm sur murs**

**Tuyauteries isolées**

# Énergies renouvelables



**Réserve fossile :  
quelques  
décennies**



**Réserve solaire :  
5 milliards  
d'années**

**Solaire thermique :**

**Les besoins humains, plutôt que les principes**

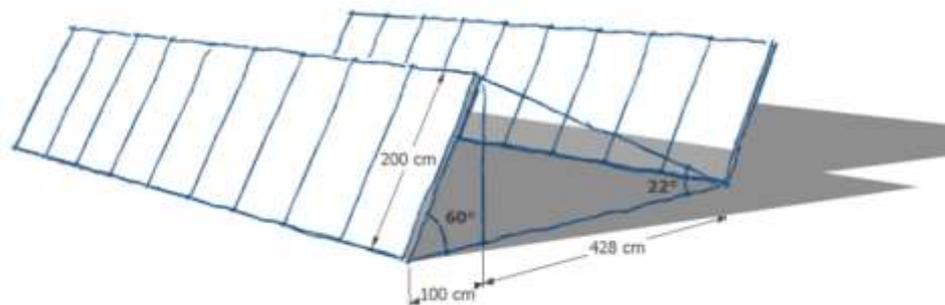
**Performant ...**

**quand c'est conçu  
pour les besoins humains**

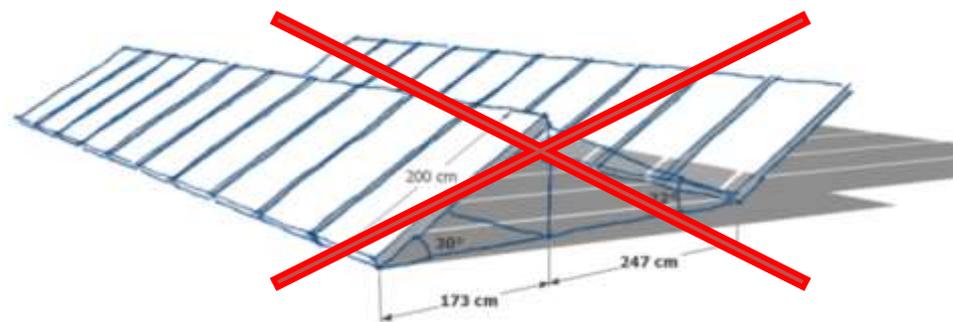
**Solaire thermique :**  
**Les besoins humains avant la performance**  
**➔ Maximiser la production hivernale**



## Solaire thermique :

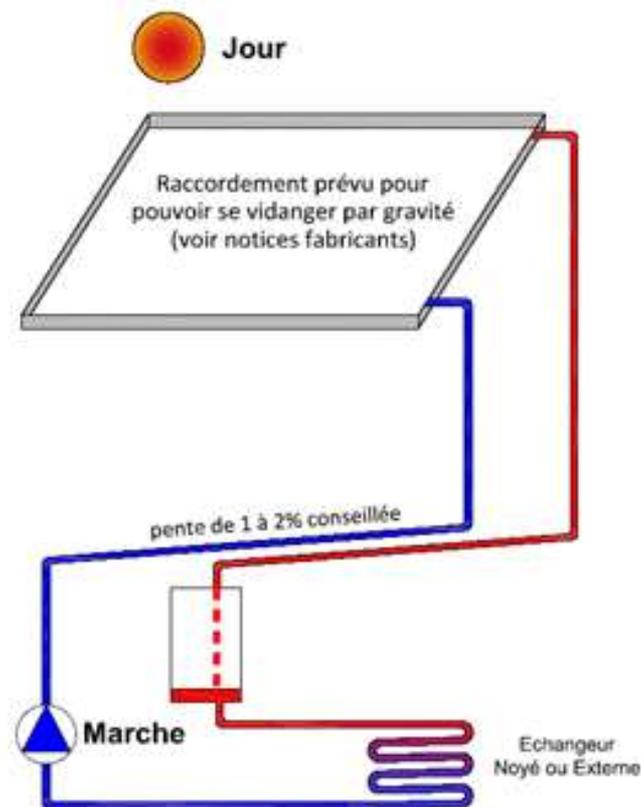
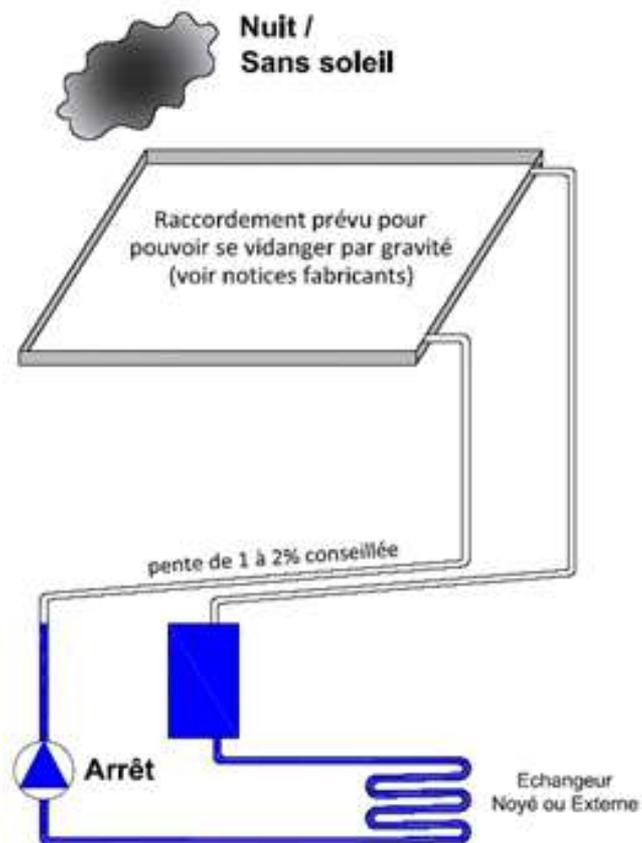


les capteurs privilégient le soleil d'hiver



les capteurs privilégient le soleil d'été

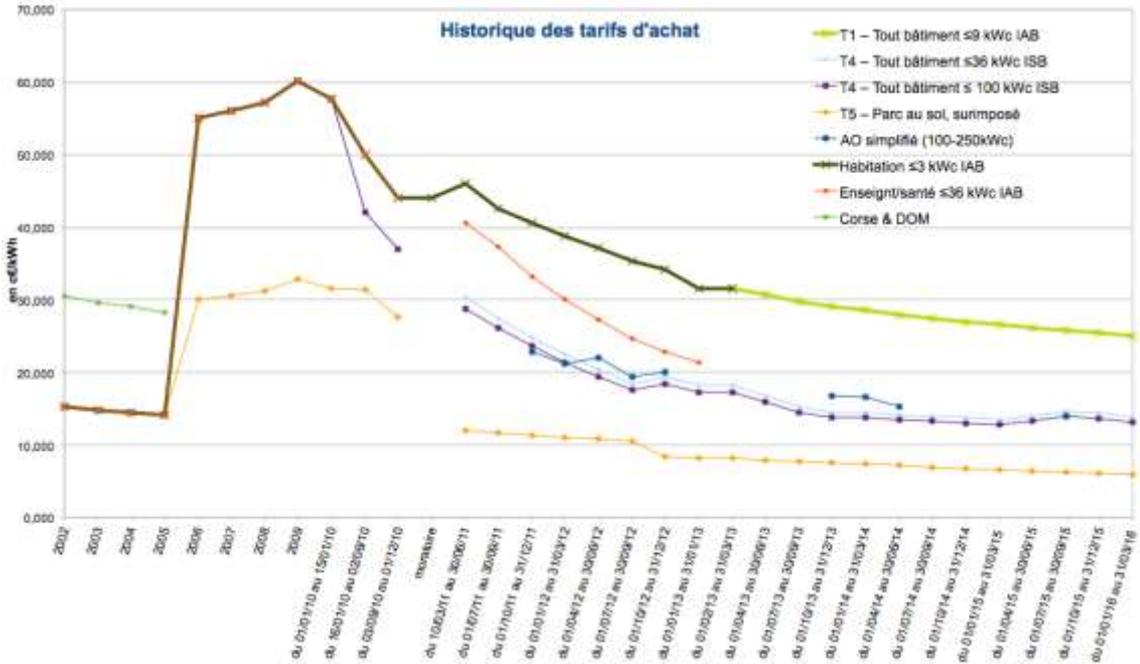
# Solaire thermique : Éviter si pas de conso en été, sauf si auto-vidangeable



Source : <https://conseils.xpair.com/>

# Photovoltaïque :

**Aujourd'hui : privilégier l'autoconsommation**



**1 kWc :  
7 m<sup>2</sup>  
1 MWh  
3000 €**

**Idem solaire thermique pour l'inclinaison :  
➔ Produire quand on en a besoin**

# Bioclimatisme

# Bioclimatisme

=

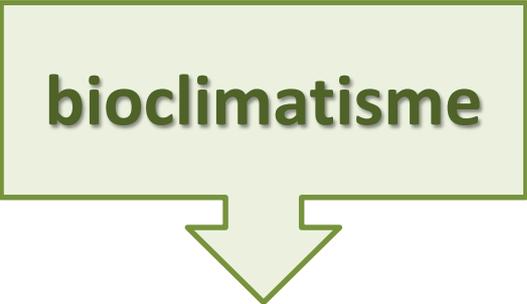
# MDE + EnR



*Il n'y a pas que les fenêtres  
pour faire du bioclimatisme*



**bioclimatisme**



**Confort**

**Lumière**

**Qualité de  
l'air**

**Matériaux**

**Formes  
Orientation**

**Systèmes  
techniques**

**Le « climat » nécessaire à la « biologie » humaine**

# bioclimatisme

## Matériaux

Effusivité  
Inertie  
Perspiration

## Formes Orientation

Compacité  
Orientation sud

## Systemes techniques

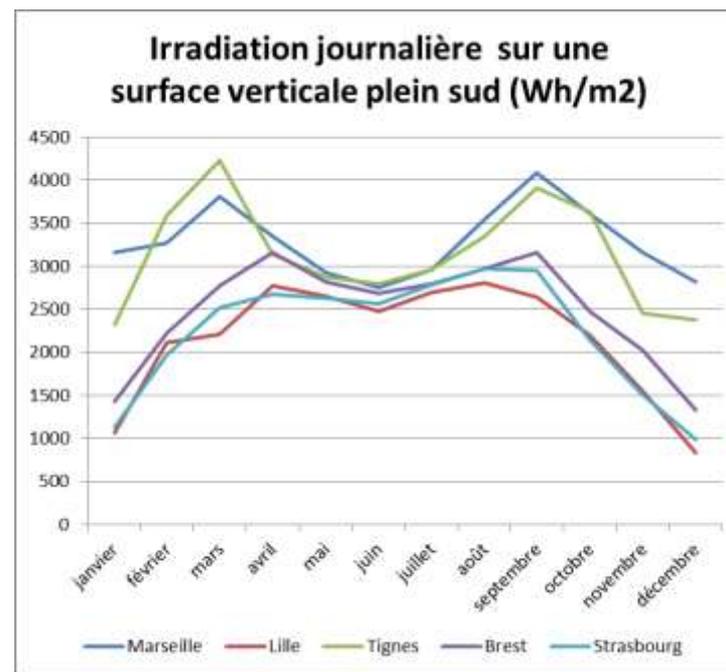
Simplicité d'usage  
Efficacité  
Rendement

# Vitrages

## Vitrages (au sud) dans les Alpes : une source d'énergie plus qu'une déperdition

Mois	Irradiation cumulée (kWh/m <sup>2</sup> /an)				
	Marseille	Lille	Tignes	Brest	Strasbourg
janvier	98	33	72	44	35
février	92	59	100	62	55
mars	118	68	131	86	78
avril	101	83	94	95	80
mai	91	82	89	87	81
juin	83	74	84	81	77
juillet	92	84	92	87	86
août	110	87	104	92	92
septembre	123	79	117	95	89
octobre	112	68	113	77	67
novembre	95	47	74	61	45
décembre	87	26	74	41	31
saison chauffe	371	385	864	389	310

Source : PVGIS – Communauté Européenne



# Vitrages (au sud) dans les Alpes : une source d'énergie plus qu'une déperdition

## Sud

consommation 1 m<sup>2</sup> de vitrage orienté  
au sud

		Marseille	Lille	Tignes	Brest	Strasbourg
simple vitrage	kWh/m <sup>2</sup>	-77,4	44,3	-29,1	-31,6	87,9
DV simple	kWh/m <sup>2</sup>	-110,5	-49,0	-177,7	-89,7	-12,0
DV argon de base	kWh/m <sup>2</sup>	-137,4	-109,5	-279,9	-130,9	-74,6
DV argon haute qualité	kWh/m <sup>2</sup>	-145,3	-124,2	-306,2	-141,7	-89,2
TV argon	kWh/m <sup>2</sup>	-113,2	-106,3	-250,0	-114,2	-81,1

## Est-ouest

consommation 1 m<sup>2</sup> de vitrage  
orienté est ou ouest

		Marseille	Lille	Tignes	Brest	Strasbourg
simple vitrage	kWh/m <sup>2</sup>	27,2	152,6	214,2	78,0	175,3
DV simple	kWh/m <sup>2</sup>	-23,4	41,3	25,0	1,6	60,8
DV argon de base	kWh/m <sup>2</sup>	-56,0	-25,3	-90,6	-45,7	-6,7
DV argon haute qualité	kWh/m <sup>2</sup>	-63,9	-40,0	-116,9	-56,5	-21,3
TV argon	kWh/m <sup>2</sup>	-55,1	-46,1	-114,8	-53,3	-32,6

## Nord

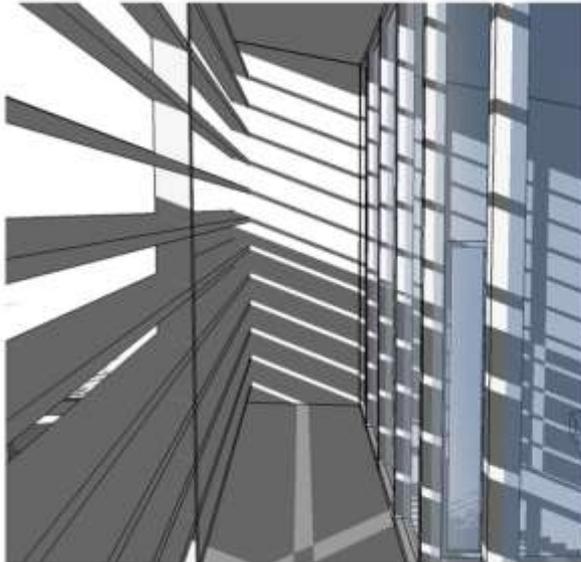
consommation 1 m<sup>2</sup> de vitrage orienté  
au nord

		Marseille	Lille	Tignes	Brest	Strasbourg
simple vitrage	kWh/m <sup>2</sup>	100,0	227,9	383,4	154,2	236,0
DV simple	kWh/m <sup>2</sup>	37,2	104,0	166,1	65,1	111,4
DV argon de base	kWh/m <sup>2</sup>	0,6	33,3	41,0	13,6	40,6
DV argon haute qualité	kWh/m <sup>2</sup>	-7,3	18,6	14,7	2,7	26,0
TV argon	kWh/m <sup>2</sup>	-14,6	-4,2	-20,8	-11,0	1,2

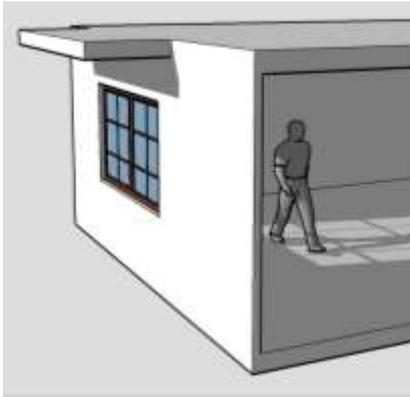
*Valeurs moyennes  
Vitrage propre, non masqué  
Dépendent du vitrage*

**Un vitrage, ça s'étudie :**

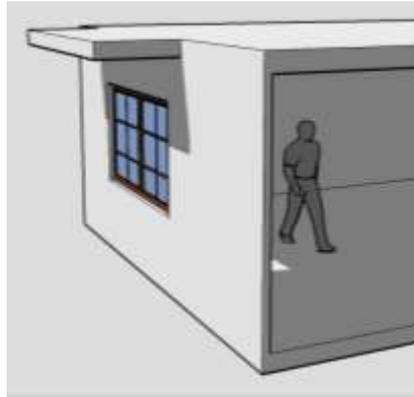
**architecturalement,  
en prenant en compte le soleil disponible**



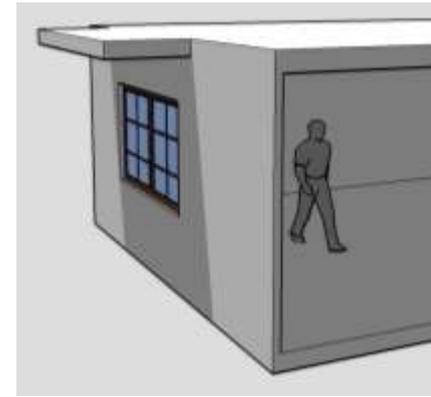
# Protections solaires au sud



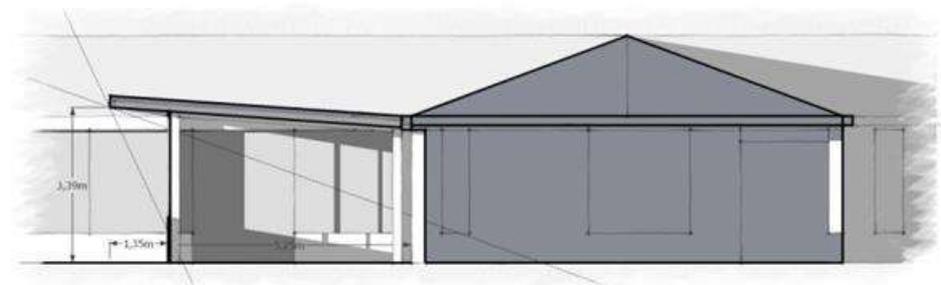
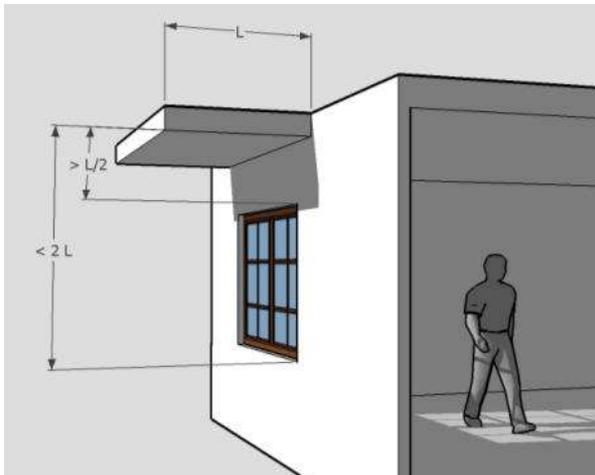
Hiver



Mi-saison



Été



## Facteur solaire des menuiseries : Réduire ou augmenter les apports solaires ?

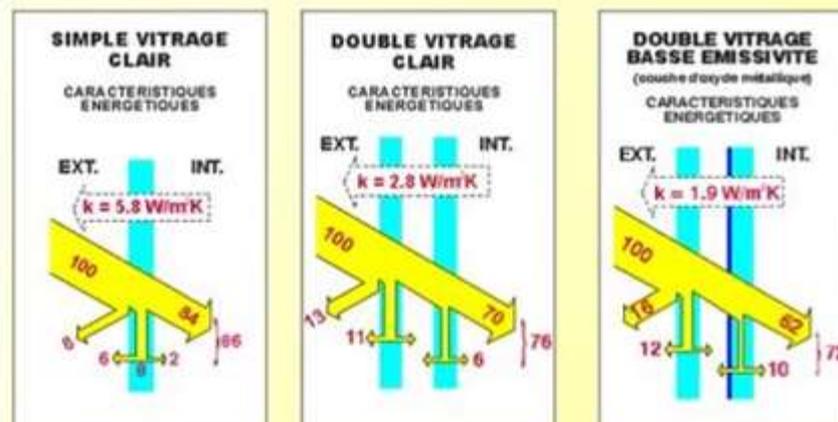
Si possible :  
maximiser les apports  
solaires,  
et les valoriser

➔ Facteur solaire élevé

Facteur solaire faible :  
*si besoin de corriger un  
défaut de conception*

Les gains solaires.

Capter par les vitrages.



Les valeurs indiquées ne sont représentatives que  
d'un angle d'incidence donné.

**FS maxi au sud, à réduire à l'ouest**  
**Protections solaires : extérieures**  
*(pour ne pas surchauffer en été)*

# FLJ ?

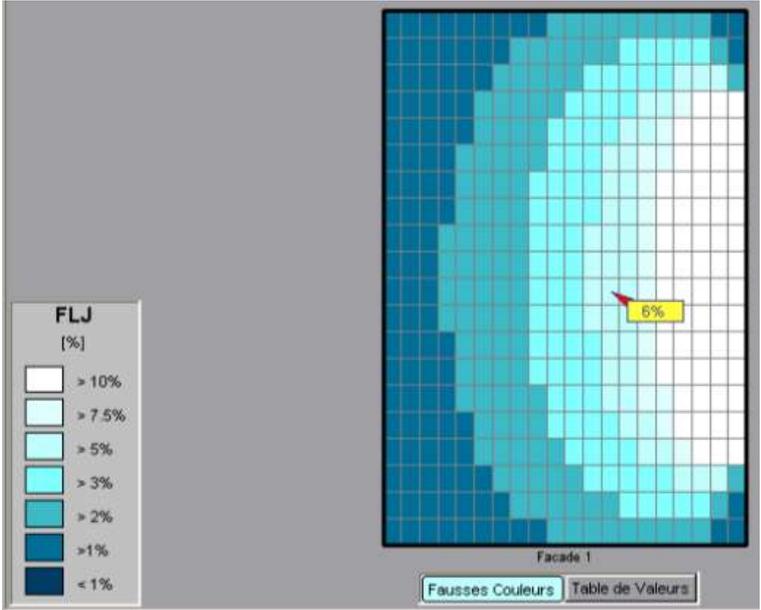
**FLJ :**

- ne prend pas en compte le contraste
- calculé uniquement en lumière diffuse

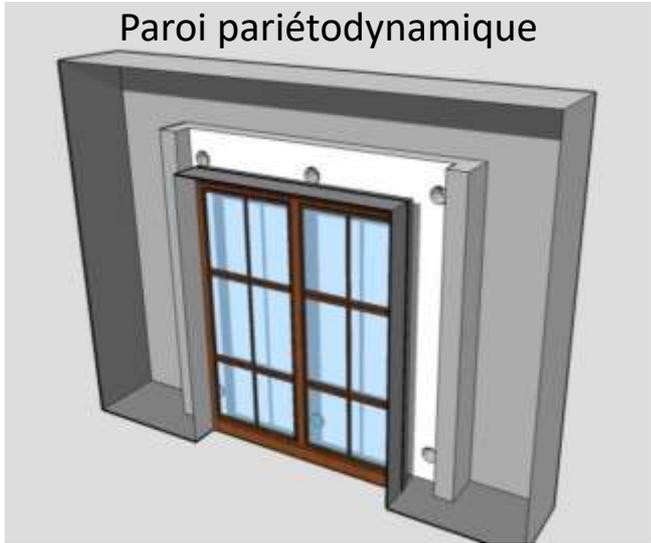
*Nord de la France : 80% de diffus*  
*Alpes du Sud – Provence : 20% de diffus*

**Conclusion : inutile et trompeur**

valeur du FLJ	
< 1%	très faible
1 à 2%	faible
2 à 4%	modéré
4 à 7%	moyen
7 à 12%	élevé
> 12%	très élevé



# Fenêtre pariétodynamique



Déperditions dynamiques: 55 W\*

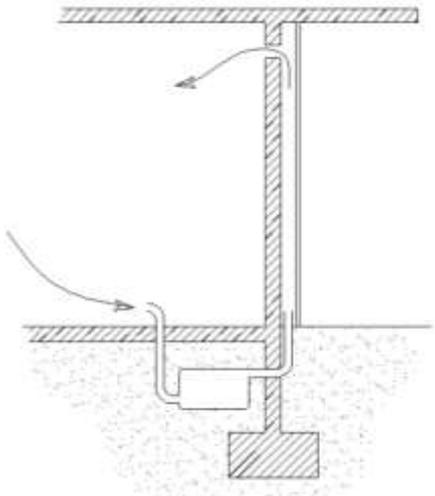


Déperditions statiques: 15 W\*\*

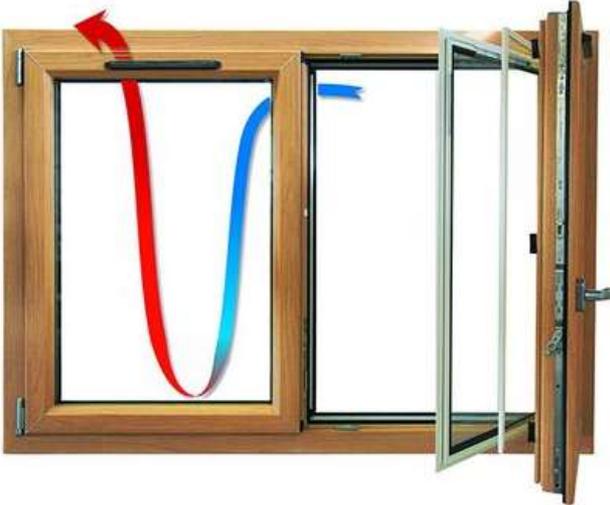


Intérieur 20°C      Extérieur 5°C

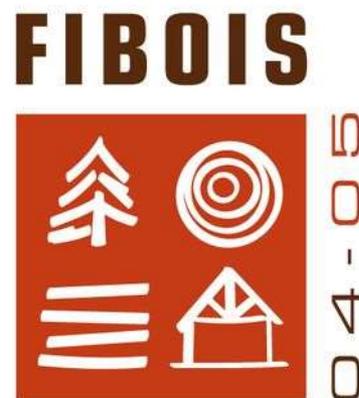
energieplanete.fr



Siphon thermique



# Biomasse



**Biomasse :  
Privilégier l'emploi local**

**Utiliser une ressource :  
renouvelable  
économique  
et qui ne pollue pas**

## Plaquettes ou granulés de bois ?



## Granulés de bois : Simplicité et souplesse de mise en œuvre



**70 kW granulés – 18 m<sup>2</sup>**



**Coût d'une chaufferie :**  
**Granulés : 1000-1200 € / kW**  
**Plaquettes : 1500-2000 €/kW**

## Plaquettes ou granulés de bois ?

- + Combustible économique
- Investissement lourd
- Place importante
- Maintenance complexe
- Qualité variable du combustible



- Combustible plus cher
- + Normalisé : pas de surprise
- + Investissement plus léger
- + Stockage compact
- + Facilité de livraison
- + Maintenance négligeable

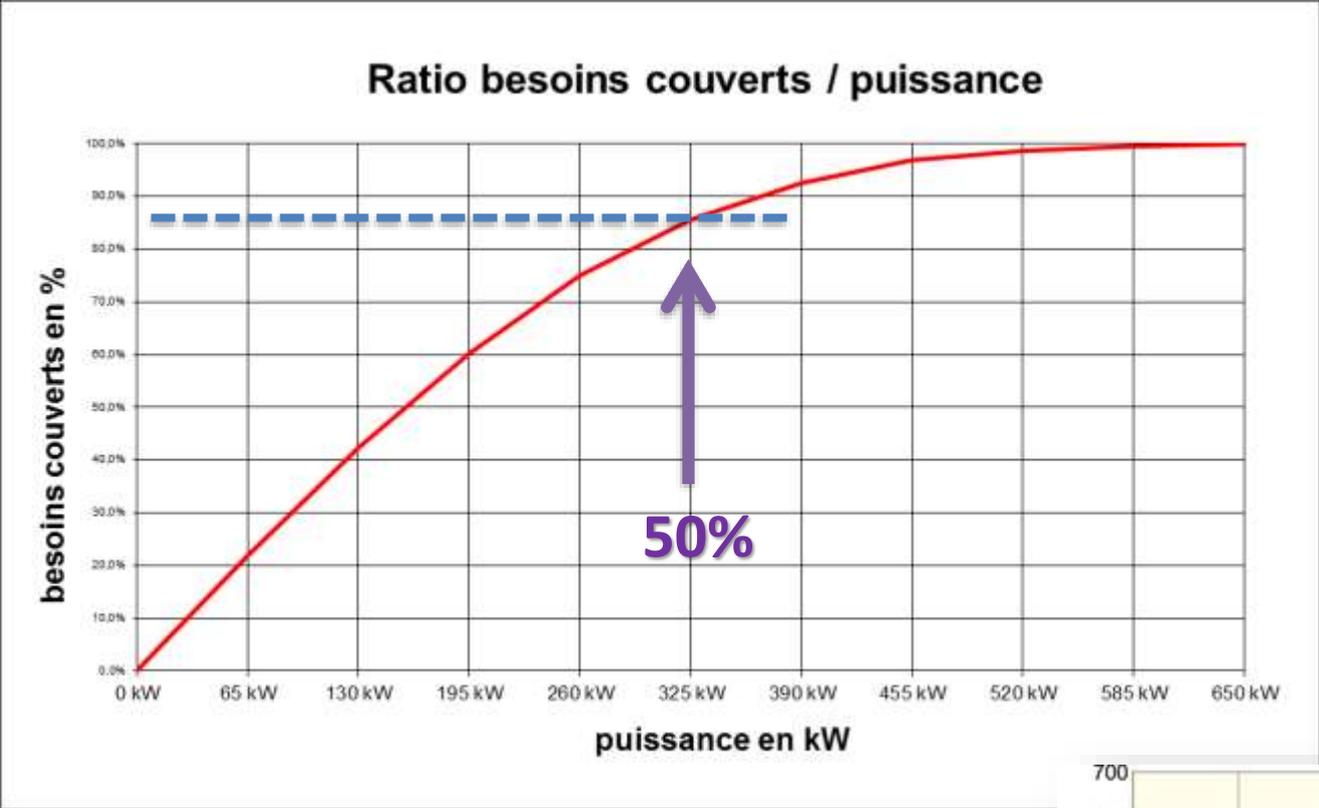




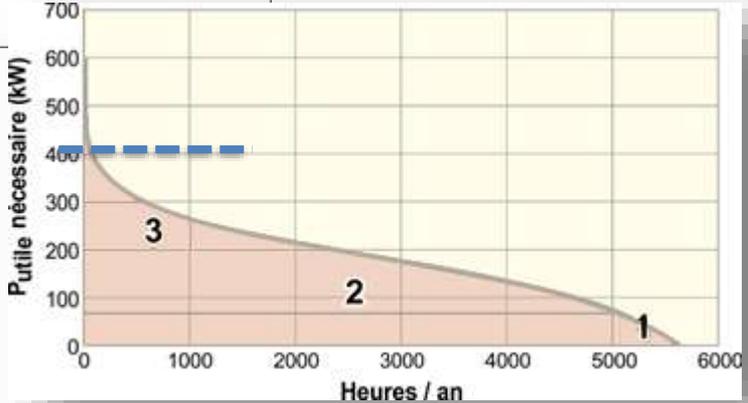
**... et il y aura toujours le cas particulier qui contredit ces principes**

# Dimensionnement

Principe d'appoint :  
à appliquer pour  
 $P > 150 \text{ kW}$



Monotone de puissance



# Concevoir une chaufferie est facile ...



**... du strict point de vue technique**

**... encore que parfois ...**



**... on se demande**

## Étudier la faisabilité

### Dimensionner et positionner la chaufferie et son silo

- Dessiner une chaufferie est facile
- La positionner l'est moins
- La dimensionner l'est encore moins
  - Adaptabilité
  - Accessibilité
  - Sécurité de production
  - Bois vs appoint – redondance
  - Bois + solaire ?
  - Granulés – plaquettes – gaz – autre ?

# Conception du silo

**Les difficultés qui suivent  
sont pour la plupart évitées  
avec du granulé de bois**

## Ventiler un silo ?

### Plaquettes

Fermentation  
Émission de CO<sub>2</sub>  
Forte hygrométrie

- Bien ventiler
- VMC si enterré

### Granulés

Poussières nocives  
Remplissage sous  
pression

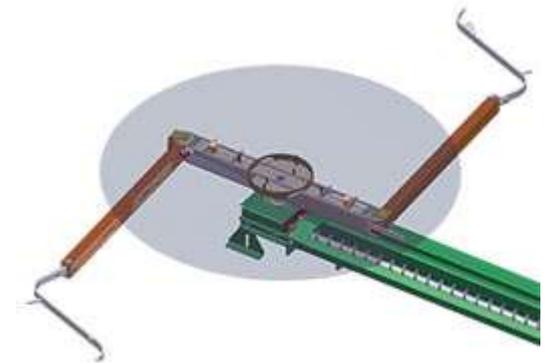
- NE PAS ventiler

# Anticiper l'exploitation



# Règle n°1 : Volume utile

- Volume utile = (volume du silo) – (pertes) – (reste de combustible)
- Volume utile = 0,6 x Volume en eau
- adéquation trappe / forme silo / mode livraison
- **Autonomie minimale de 3 jours**
- Le volume perdu
- Vis de transfert maximum 10 m
- Eviter les fonds dessileurs de 6 m de diamètre
- Pente de vis maximum 40°

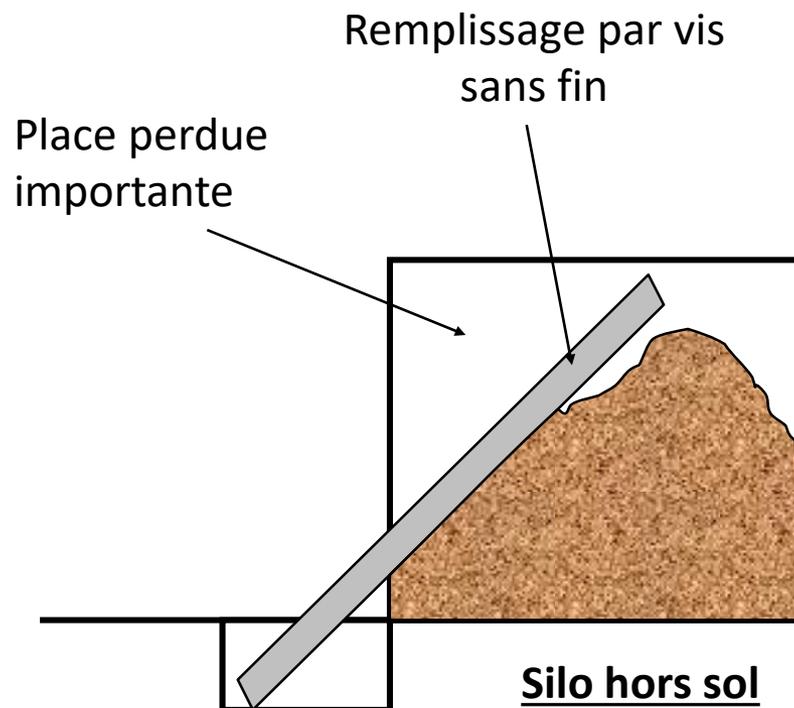
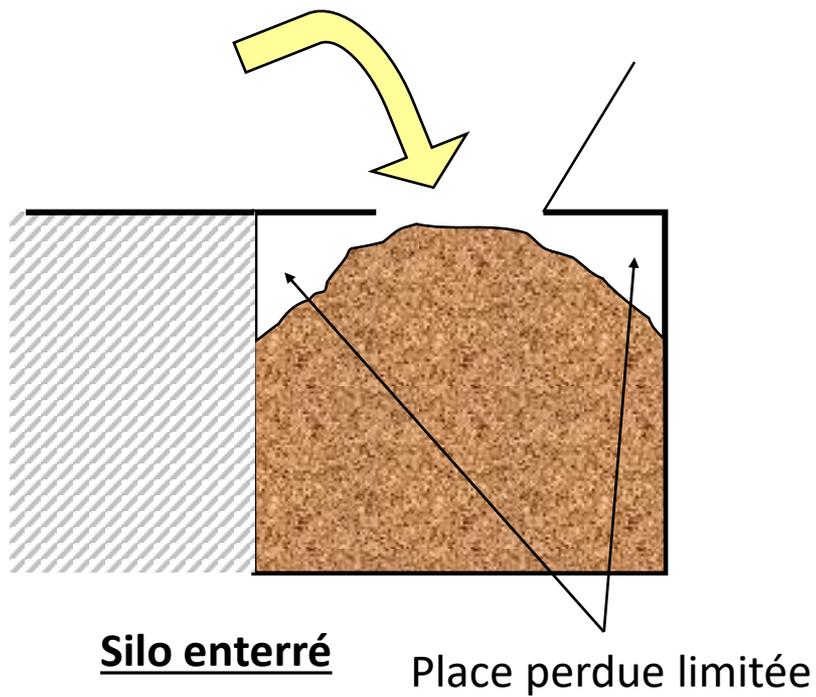


**Si possible :**  
**Autonomie de 15 jours début février**  
**1 camion + 25% de réserve**

# Règle n°1 : Volume utile

## Silo hors sol ou enterré

Livraison par  
«bennage» direct

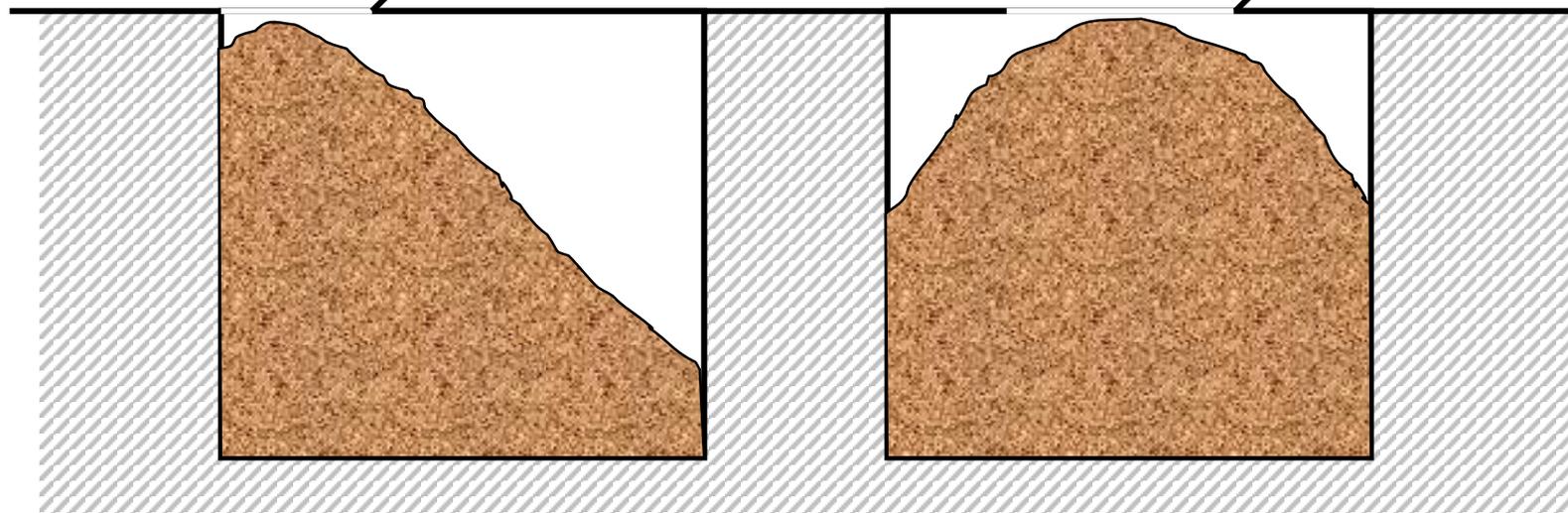


# Règle n°1 : Volume utile

Trappe = 3 x 2 m centrée

Petite ouverture sur  
un côté : beaucoup  
de place perdue

Grande ouverture  
au centre : peu de  
place perdue



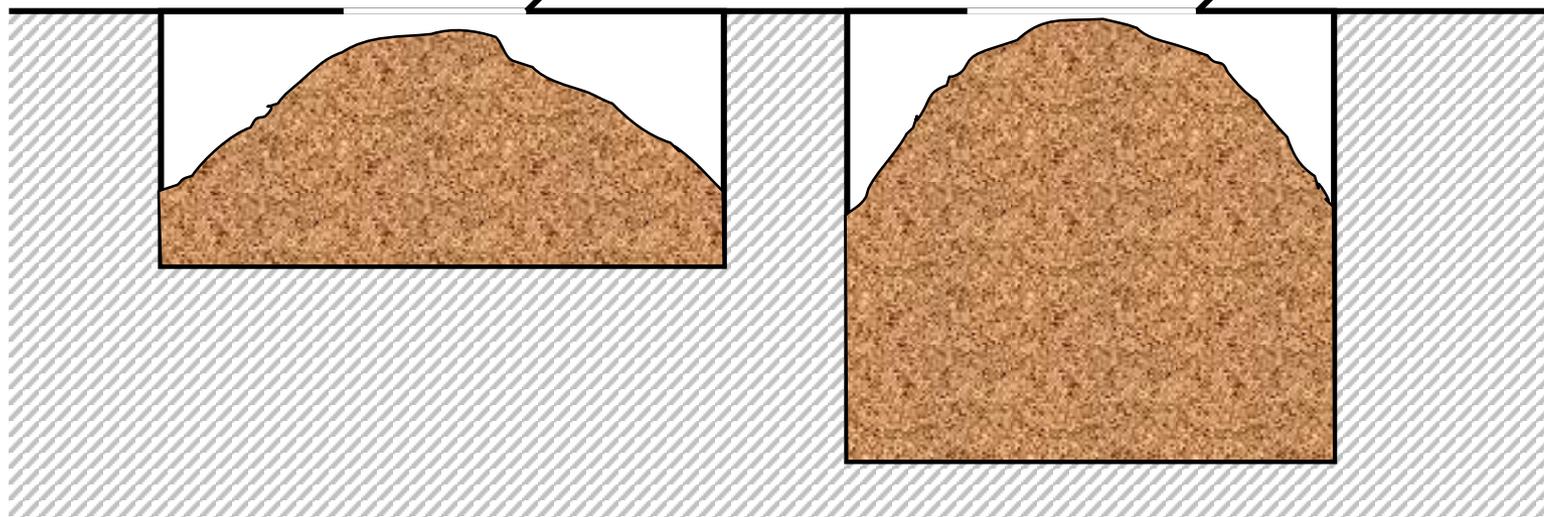
**Silos enterrés avec remplissage direct par gravité**

Trappe d'accès pour les livraisons

# Règle n°1 : Volume utile

Silo peu profond / surface  
au sol : beaucoup de place  
perdue

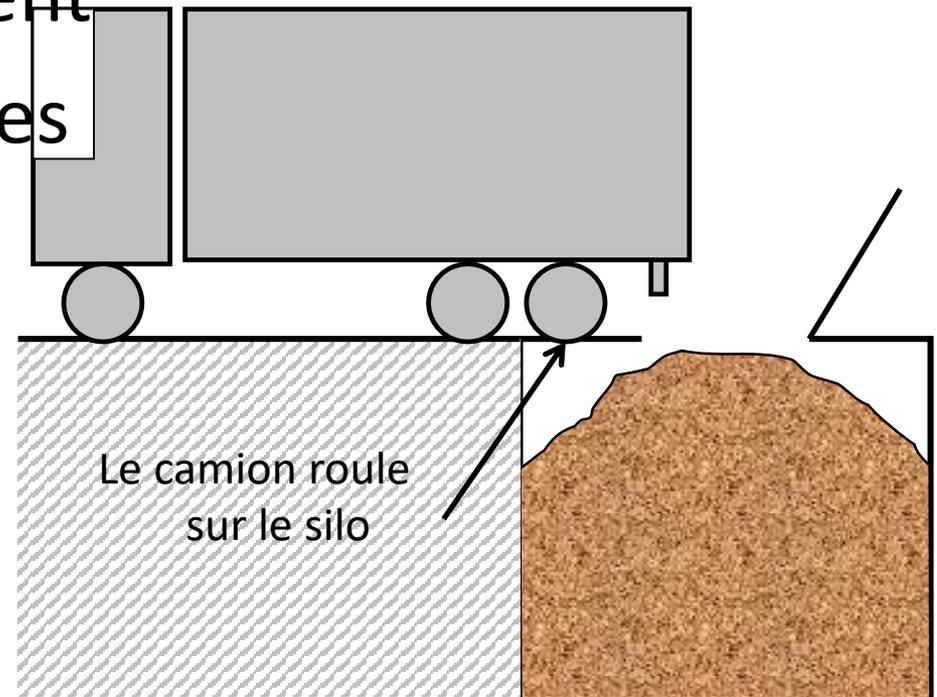
Silo très profond / surface  
au sol : peu de place  
perdue



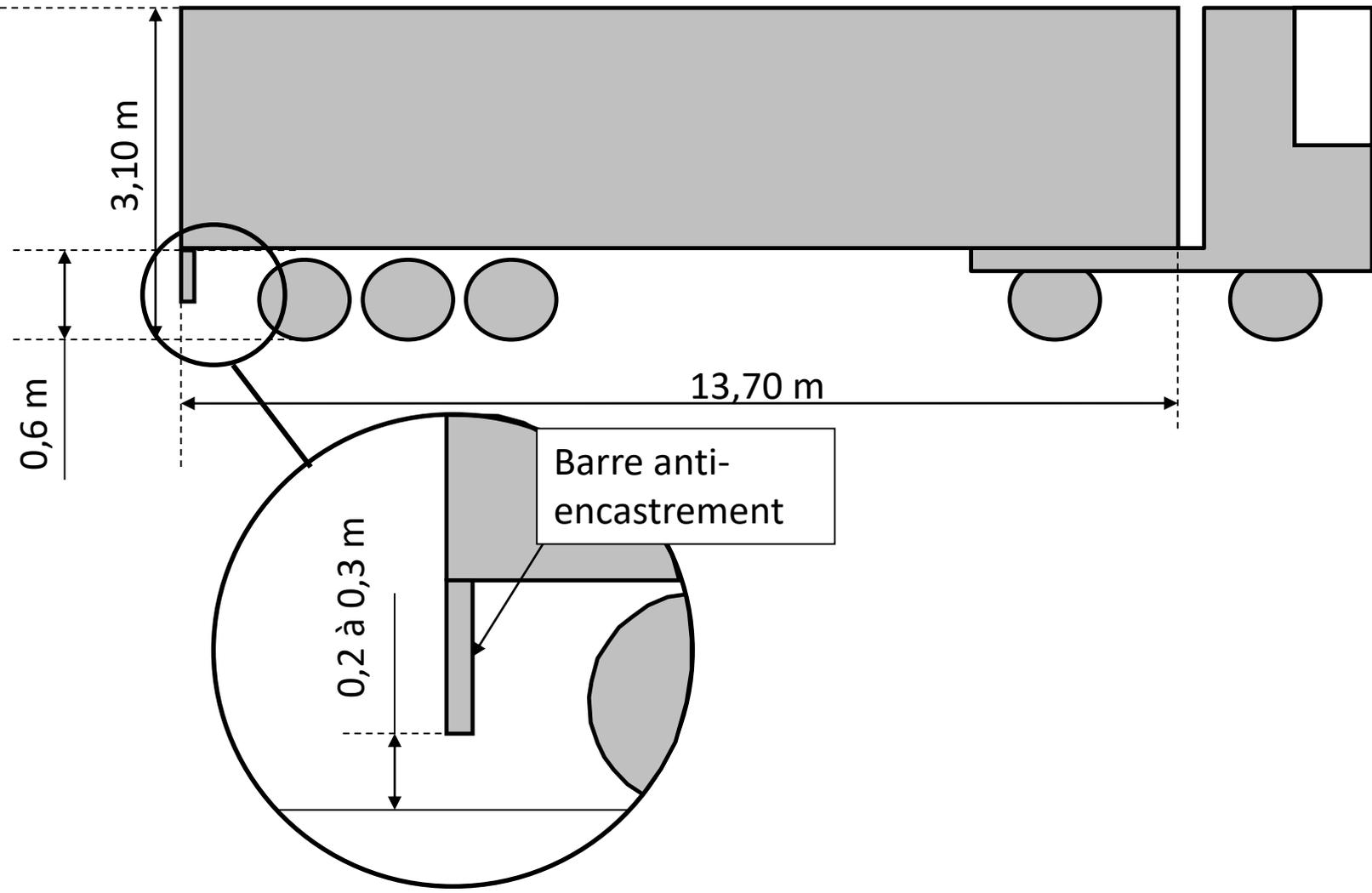
**Silos enterrés avec remplissage direct par gravité**

# Règle n°2 : Accès camion

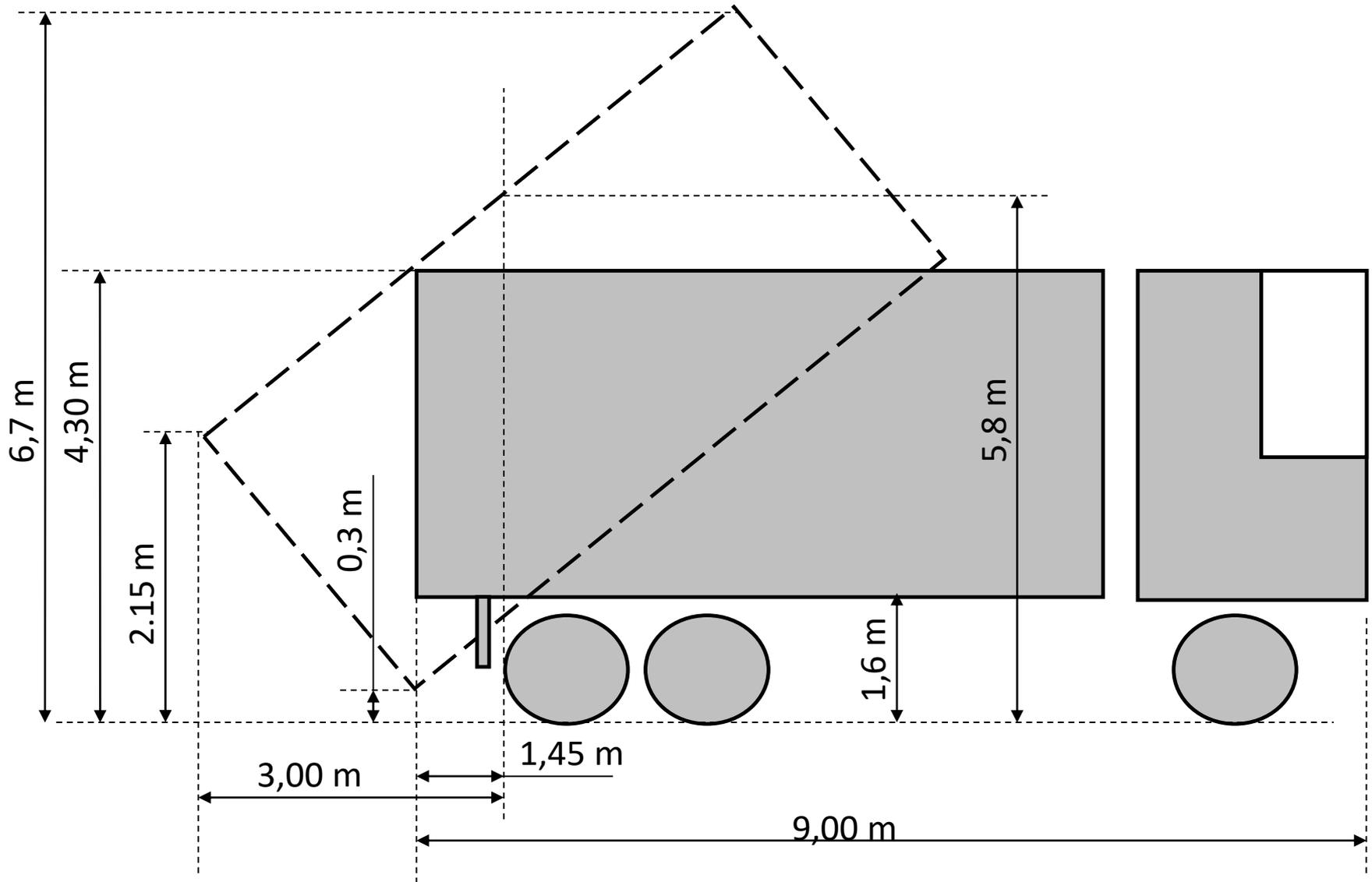
- Accès suffisamment large
- Voirie renforcée pour camions de 25 tonnes
- Aire de retournement
- Rayons de braquages
- Calcul de charge
- Pente de l'accès
- Portes camion



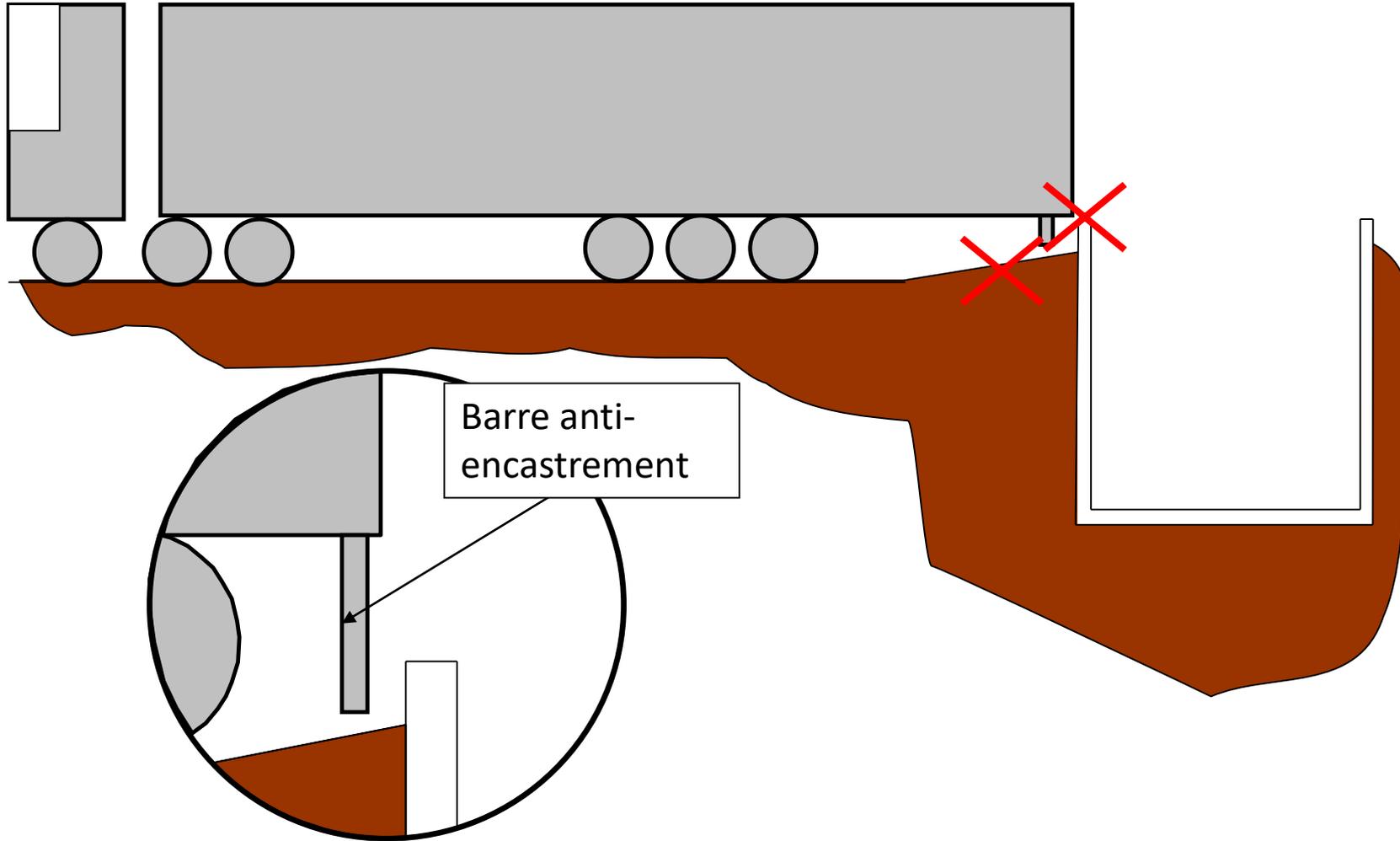
# Semi remorques de 90 m<sup>3</sup>



# Poly benne 30 m<sup>3</sup>



# Adaptation à l'existant



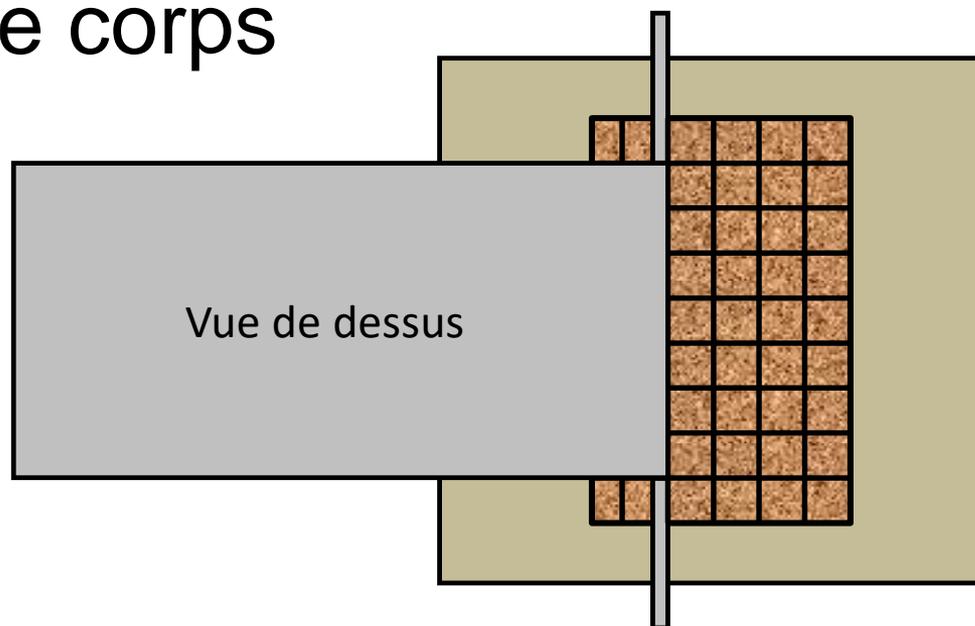
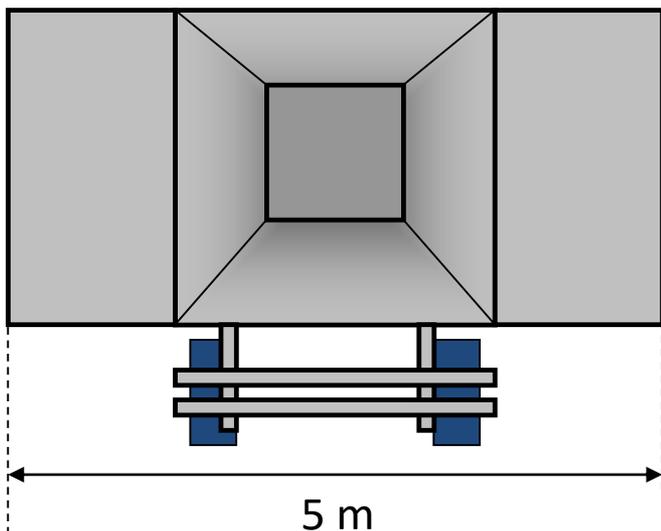
# Remarques sur trappes silos

Sinon...



# Règle n°3 : Portes camion

- Grille de protection sur silo 20cm x 20cm
- Ouverture des portes au dessus du silo
- Attention au garde corps



# Règle n°4 : Trappes

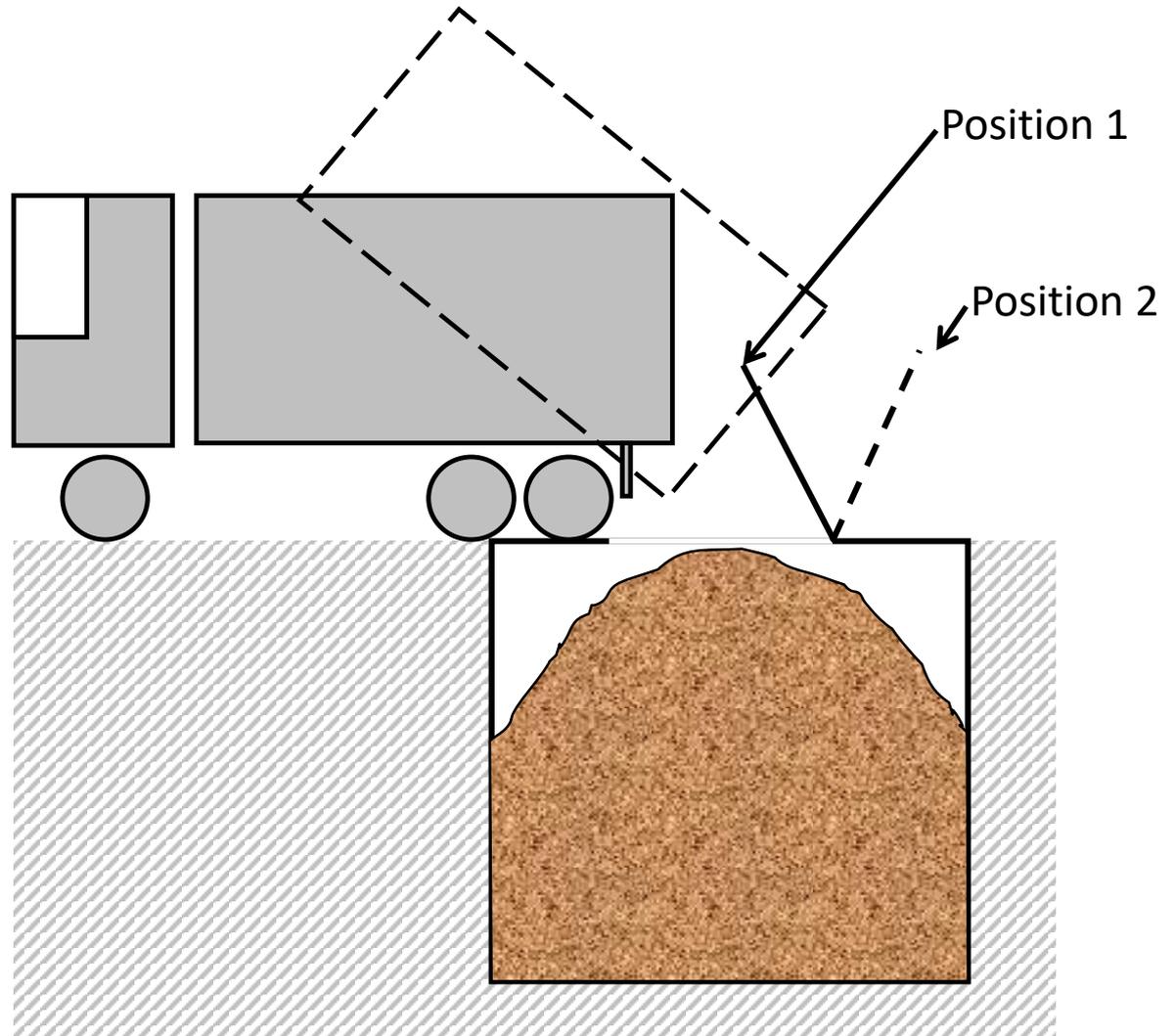
- > 2 types de trappes :
  - **Trappes coulissantes à ouverture totale** pour des zones où les chutes de neige sont importantes (attention au gel et neige sur les rails)
  - **Trappes basculantes.** Prévoir un système vérin hydraulique automatique et un système de sécurité pour pas que la trappe se referme toute seule
  - **Ouverture mini de 3m x 2m**
- > Remontée de murs (maxi 20 cm)
- > Étanchéité du silo et de la trappe
- > Sécurité
  - Blocage trappe
  - Grille « antichute » et livraison
  - Garde corps

# Trappes coulissantes



Vinay (38) – 100 kW

# Trappes basculantes



# Trappes coulissantes



# Trappes basculantes



# Trappes basculantes



# Trappes carrossables

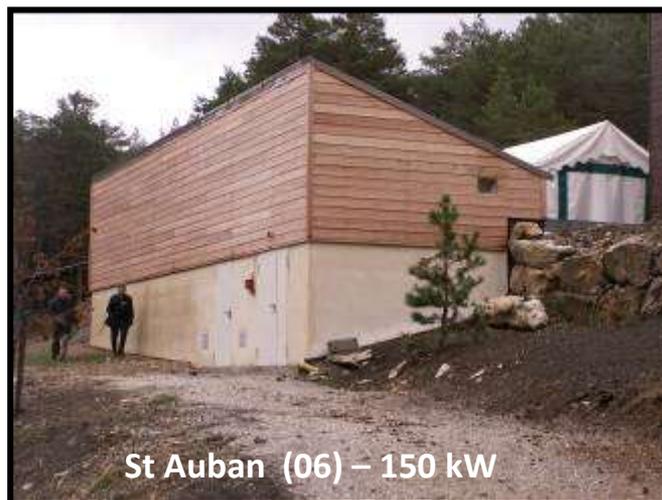
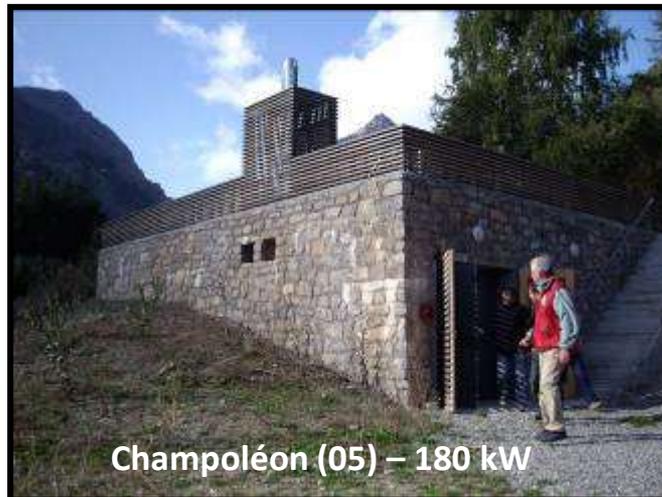


# Conditions particulières



Méolans Revel (05) – 80 kW

# Chaufferies



# Règle n°5 : étanchéité

- Le silo doit absolument être étanche à l'eau, mais ventilé
  - Risque d'inondation
- Problème de condensation sur la trappe ?
  - Ventilation ?



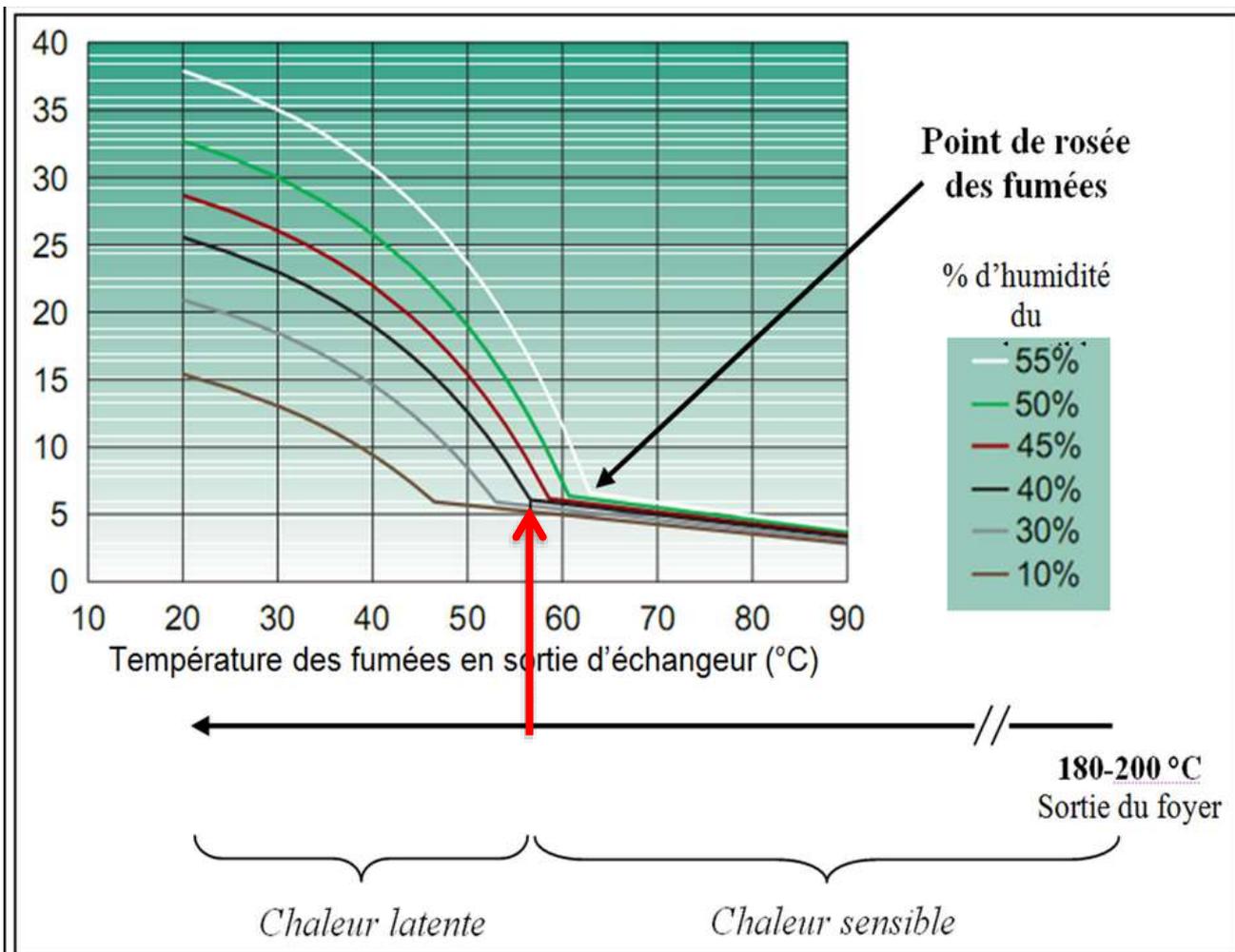
# Sortie des cendres

Quand la « technique »  
oublie l'être humain ...





# Condensation des fumées



Source : CEDEN, d'après « Wood for energy production » - Centre for biomass technology

# Contrôler les livraisons

## Mesure de l'humidité

Au milieu du remplissage

Solution artisanale : un seau de 50 litres + une balance

## Mesure du volume

Contrôle camion « avant » bennage

Photo camion rempli

Photo silo vide puis rempli

**Il ne s'agit pas de mesurer précisément, mais de « contrôler »**

# Humidité du bois



50 €

15 €



# Humidité du bois



35 € !

→ Il est nécessaire de faire la conversion systématiquement.

**Humidité sur brut (h)** : rapport entre la masse d'eau contenue dans le bois et la masse totale du bois.

**Humidité sur sec (H)** : rapport entre la masse d'eau contenue dans le bois et la masse sèche du bois.

$$h = \frac{H}{100 + H} \times 100$$

Bois bien sec

<i>H en % (lecture sur l'appareil)</i>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
<i>h en % (humidité bois énergie)</i>	12	12	13	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	25	26	26	27	28	28

<i>H en % (lecture sur l'appareil)</i>	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<i>h en % (humidité bois énergie)</i>	29	29	30	30	31	31	32	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36	37	37	38	38	38	39	39	39

# Contrat de maintenance

Un contrat pour quoi faire ?

-----

Pour que ça marche ?

ou

**Pour que ça marche « bien » ?**

Inclure dans tout contrat :

- Suivi technico-économique – rendement – charge
- Suivi production – suivi consommations
- Rapport annuel résultats économiques
  
- Si possible : engagements de résultats

Merci de votre attention