



FranceterredeLAIT
LA FILIÈRE LAITIÈRE S'ENGAGE



RÉDUIRE LE RAYONNEMENT

DU SOLEIL EN BÂTIMENT LAITIER

**POUR MAINTENIR LE CONFORT THERMIQUE DES
TROUPEAUX LAITIERS EN PÉRIODE CHAUDE**



Ce document technique, à destination des intervenants en élevages laitiers et notamment des conseillers bâtiments, présente des éléments de contexte sur le rayonnement ainsi que des préconisations pour limiter son impact sur le confort thermique des animaux en bâtiments en période chaude.

Le réchauffement climatique et la fréquence plus élevée des épisodes de chaleur affectent le confort des troupeaux laitiers. Des aménagements en prairies et dans les bâtiments ainsi que des ajustements de pratiques sont à envisager pour s'adapter aux conditions météorologiques qui deviendront de plus en plus stressantes pour les animaux.

La température n'est pas la seule variable climatique qui entre en jeu dans le confort de la vache laitière. D'autres

critères comme l'hygrométrie, la vitesse de l'air, mais aussi le rayonnement solaire influencent fortement le confort thermique. Le rayonnement solaire est bénéfique l'hiver en contribuant au bien-être des animaux (luminosité) et à l'assèchement du bâtiment. Mais en périodes chaudes, il augmente significativement la température ressentie quand l'animal est en prairie sans possibilité d'ombrage ou en bâtiment avec un rayonnement important.

LE PLAN D'ACTION POUR LIMITER L'IMPACT DES FORTES CHALEURS

La limitation du rayonnement s'inscrit dans un plan d'actions en plusieurs étapes (Schéma 1), dont certaines sont prioritaires (étapes 1 à 5). Quant aux solutions de rafraîchissement, sous forme de ventilation mécanique, brumisation ou douchage (Étapes 6 à 7), ce sont des facteurs secondaires d'amélioration.

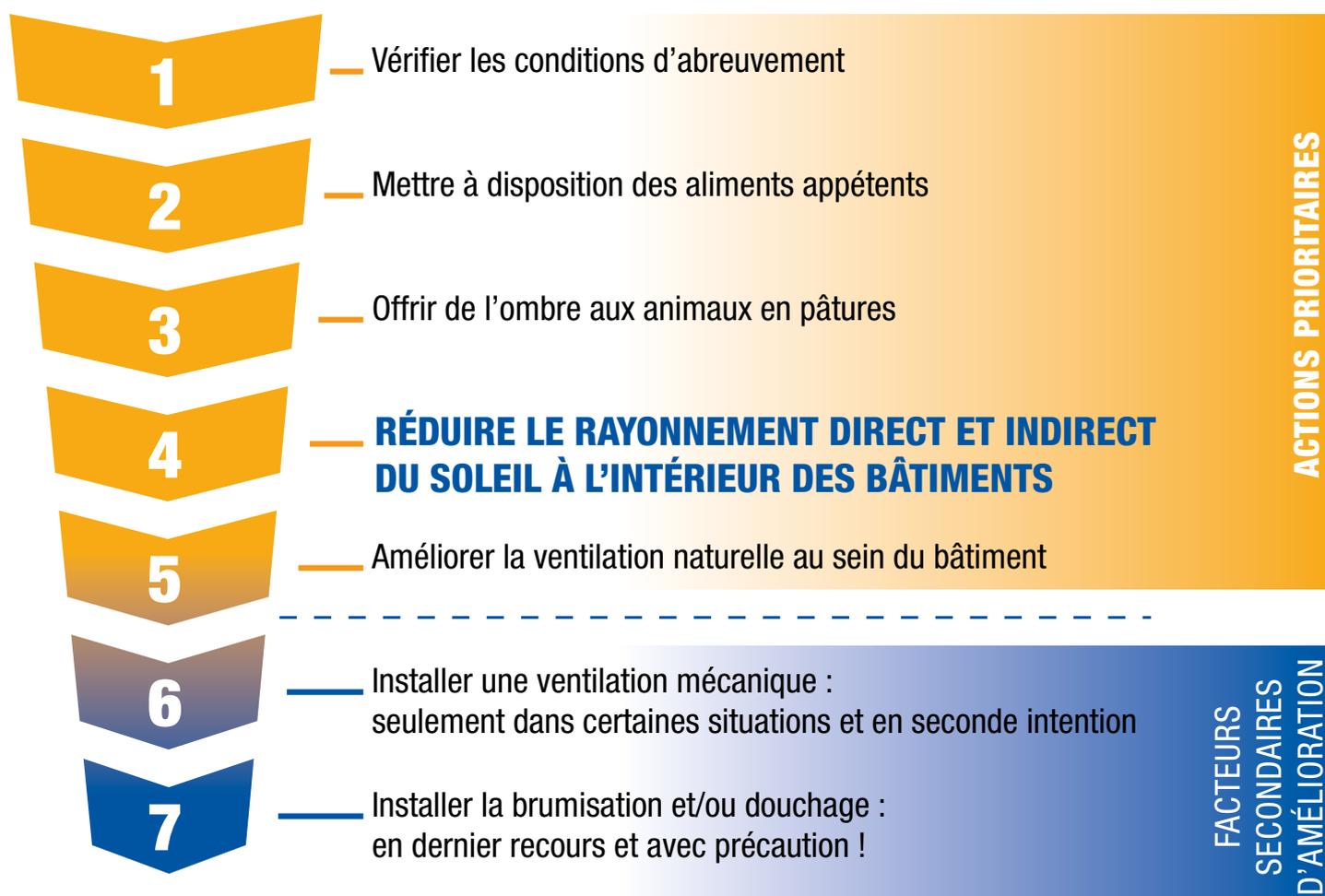


Schéma 1

Plan d'action pour adapter son bâtiment d'élevage laitier aux conditions chaudes estivales

<https://cniel-infos.com/LT1269316-batiments-d-elevage-laitier>

TABLE DES MATIÈRES

1. ELÉMENTS DE CONTEXTE : UNE NÉCESSAIRE PRISE EN COMPTE DU RAYONNEMENT DU SOLEIL	4
1.1 Le rayonnement du soleil peut être direct ou indirect	4
1.2 En période chaude, les vaches fuient les zones rayonnantes !	4
1.3 Le thermomètre à globe noir (TGN) permet la mesure de la chaleur rayonnante	7
1.4 Le rayonnement n'est pas identique dans tous les bâtiments et il est hétérogène à l'intérieur des bâtiments	7
1.5 Gérer le risque de rayonnement selon la course du soleil	9
2. LES PRÉCONISATIONS POUR LIMITER L'IMPACT DU RAYONNEMENT EN BÂTIMENT	10
2.1 L'ombre en prairies est indispensable	10
2.2 Construire ou aménager des bâtiments avec des avancées de toit (débords de toiture)	11
2.3 Gérer les ouvertures pour limiter le rayonnement direct	14
2.4 Aménager des dispositifs d'ombrage	15
2.5 Limiter les risques de réchauffement de l'aliment distribué	17
2.6 Privilégier, si possible, des matériaux de couverture et de bardage de couleur claire.	17
2.7 Réduire voire supprimer les murs et les bardages métalliques	18
2.8 Isoler les toitures dans certaines situations	18
- Les facteurs à prendre en compte pour isoler ou non une toiture de bâtiment :	19
- Les solutions techniques pour isoler les bâtiments bipente « classiques » :	19
- Quels conseils pour les bâtiments type tunnel d'élevage ?	20
2.9 Apporter la lumière par les côtés et de moins en moins via la toiture	22
2.10 Repeindre par-dessous les tôles éclairantes en toiture	24
2.11 Apporter de l'ombre aussi pour les veaux logés en extérieur	24
2.12 Végétaliser les abords des bâtiments	26
- Des espaces enherbés autour des bâtiments	26
- Des arbres autour des bâtiments pour apporter de l'ombre	27



1. ELÉMENTS DE CONTEXTE : UNE NÉCESSAIRE PRISE EN COMPTE DU RAYONNEMENT DU SOLEIL

1.1 LE RAYONNEMENT DU SOLEIL PEUT ÊTRE DIRECT OU INDIRECT

Le rayonnement du soleil peut être direct, par exemple en prairies sans abri ou via une ouverture en bâtiments (portes ouvertes en plein soleil, façade ouverte sans protection), ou

indirect à travers les matériaux de toiture ou de bardages (schéma 2). Le rayonnement indirect peut être accentué par un environnement très « bétonné » autour du bâtiment.

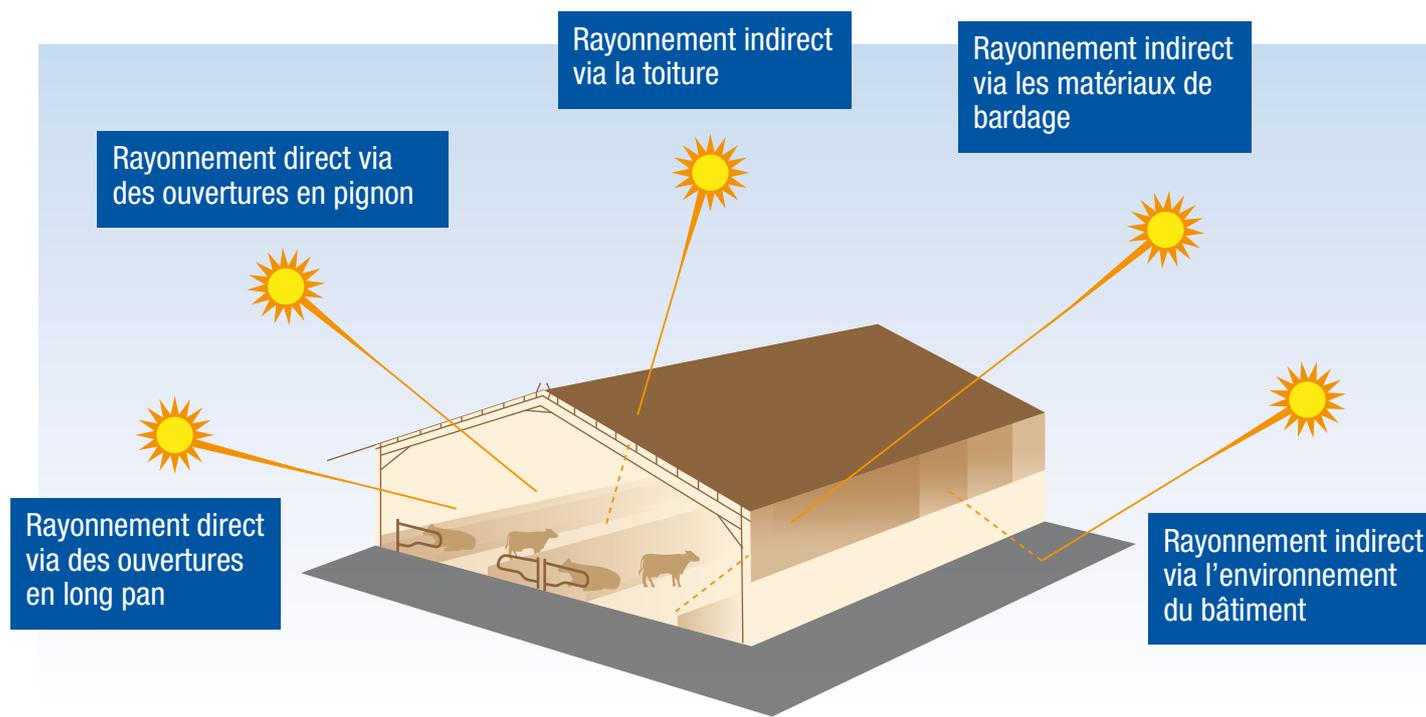


Schéma 2

Les sources de rayonnement en bâtiment

1.2 EN PÉRIODE CHAUDE, LES VACHES FUIENT LES ZONES RAYONNANTES !

Les photos qui suivent (Photos 1 à 4) prises en période de forte chaleur illustrent l'importance de la prise en compte du rayonnement.

La recherche de zones d'ombre non rayonnantes est une priorité pour la vache en période chaude. Les vaches n'apprécient pas les zones de trop forts contrastes lumineux et fuient les zones avec du rayonnement direct que ce soit en prairie (photo 1) ou à l'intérieur d'un bâtiment (photo 2).



Photo 1
Une recherche d'ombre en prairie
Crédit photo : Idele



Photo 2
Des vaches regroupées et serrées dans les zones d'ombre
Crédit photo : Eilyps Tecmatel – A. Elvinger (Voyage d'étude 2021 du GIE Elevages de Bretagne en Espagne)



Sur une autre photo (photo 3), les vaches sont regroupées et serrées dans les zones les plus sombres, alors que les zones les plus rayonnantes (sous les plaques éclairantes en toiture) bénéficient pourtant de vitesses d'air bien plus importantes grâce à une ventilation mécanique performante.

Elles fuient aussi les zones rayonnantes à côté de murs et bardages (tôles perforées et éclairantes) (photo 4).



Photo 3

Des vaches qui se regroupent dans les zones non rayonnantes malgré une ventilation mécanique efficace

Crédit photo : Idele



Photo 4

Une rangée de logettes non fréquentée l'après-midi à proximité d'une paroi favorisant le rayonnement

Crédit photo : Idele

1.3 LE THERMOMÈTRE À GLOBE NOIR (TGN) PERMET LA MESURE DE LA CHALEUR RAYONNANTE

Le thermomètre à globe noir (TGN) est un appareil qui permet de mesurer la température de rayonnement (photo 5). La boule noire absorbe la chaleur et ajuste la température ambiante en prenant en compte le rayonnement direct et indirect. Un écart important entre la température ambiante et la température du globe noir est donc révélateur d'un rayonnement important.

La température du globe noir se rapproche ainsi un peu plus du ressenti de la vache. Depuis 2018, des mesures sont prises au sein de bâtiments par Idele dans le cadre d'un programme de travail financé par le Cniel. La prise de mesures tous les 2 à 4m en longueur et largeur au niveau des aires de vie des animaux permet de « cartographier » le bâtiment en mettant en évidence le rayonnement qui peut être important dans certaines étables ou dans certaines parties d'étables.



Photo 5
Le thermomètre à globe noir permet de mesurer la température de rayonnement

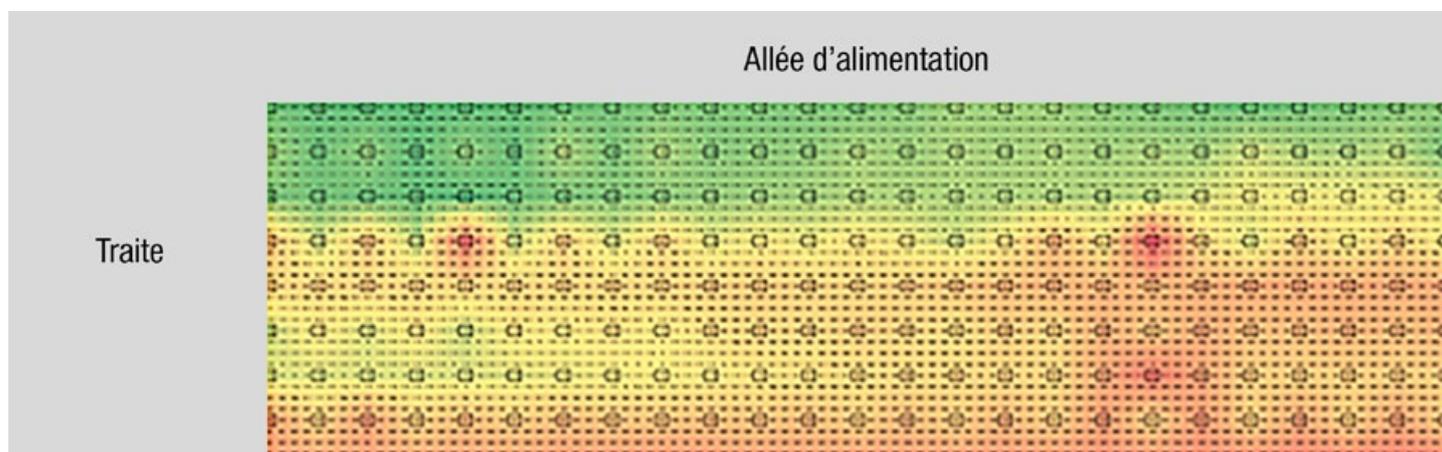
Crédit photo : Idele

1.4 LE RAYONNEMENT N'EST PAS IDENTIQUE DANS TOUS LES BÂTIMENTS ET IL EST HÉTÉROGÈNE À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS

Le rayonnement à l'intérieur des bâtiments varie selon les bâtiments et les zones du bâtiment. Sur le schéma 3, Une différence de 1,9°C est observée l'après-midi entre les zones les plus défavorables du bâtiment (le côté « rouge » du

bâtiment, correspondant à la façade exposée à l'ouest avec davantage de rayonnement) et les zones les plus favorables (le côté « vert », correspondant à la façade exposée est).

Schéma 3
Un rayonnement différent de chaque côté du bâtiment

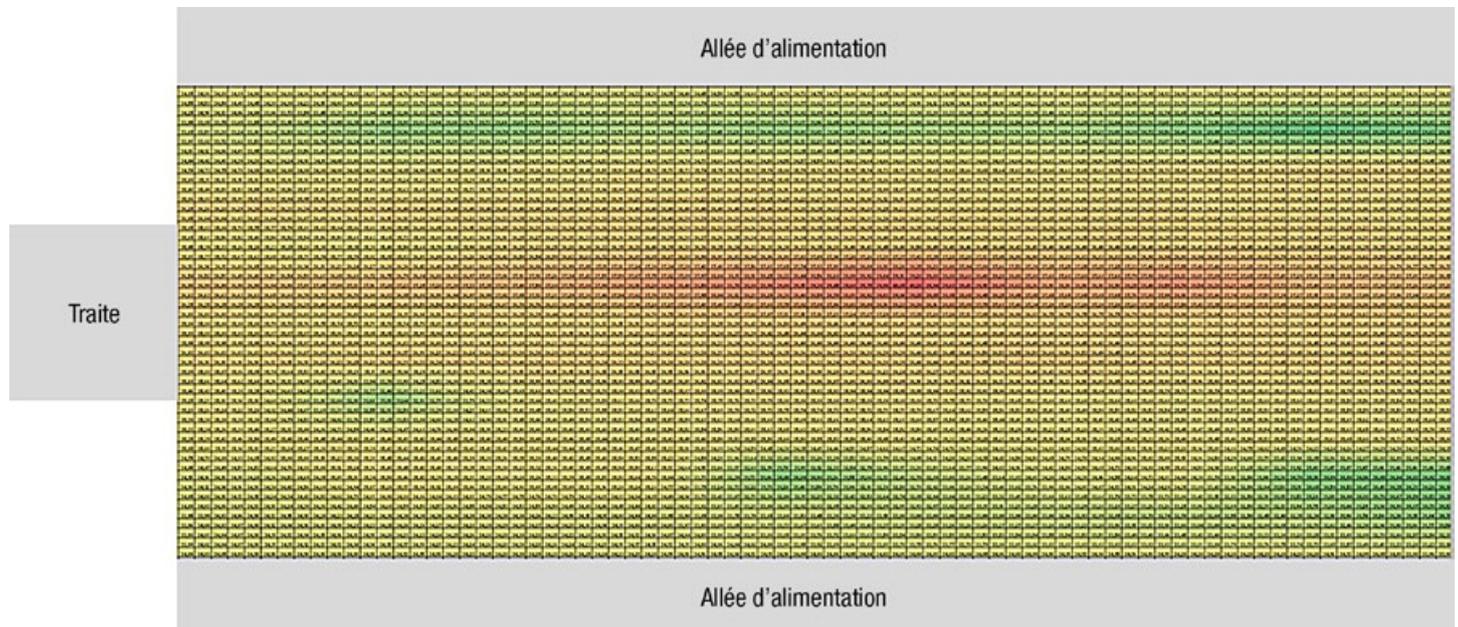


Légende : TGN au sein du bâtiment, de la plus faible (en vert) à la plus élevée (en rouge)

Sur le schéma 4, la température du globe noir est plus élevée au centre du bâtiment (Schéma 4), lié à l'accumulation de la chaleur et au rayonnement via les plaques éclairantes en toiture

Schéma 4

Une température de rayonnement plus importante au centre du bâtiment



Température de rayonnement au sein du bâtiment, de la plus faible (en vert) à la plus élevée (en rouge)

En résumé, à l'intérieur des bâtiments, la différence entre la température du globe noir et la température ambiante s'échelonne de 0,1 à 2°C quand on considère la moyenne des valeurs du bâtiment, mais dans certains secteurs du bâtiment, des différences plus conséquentes ont été mesurées :

- De l'ordre de 2 à 4°C sous des plaques éclairantes en toiture exposées au soleil en périodes de fortes chaleurs. Dans l'exemple ci-joint (photos 6 et 7), alors que la température ambiante est de 24,6°, la température du globe noir prise sous le dôme éclairant est de 27,4°C au niveau des aires de vie des animaux. Même positionnées en hauteur, l'impact des plaques éclairantes peut être important.
- Jusqu'à 13°C avec du rayonnement direct à travers un long pan ou un pignon ouverts et exposés au soleil sans protection.

En conditions « caniculaires », ce surcroît de chaleur est très important et augmente la charge thermique de l'animal.

Photo 6-7

Mesure de la Température Ambiante (TA) et de la Température du Globe Noir (TGN) sous un dôme éclairant



1.5 GÉRER LE RISQUE DE RAYONNEMENT SELON LA COURSE DU SOLEIL

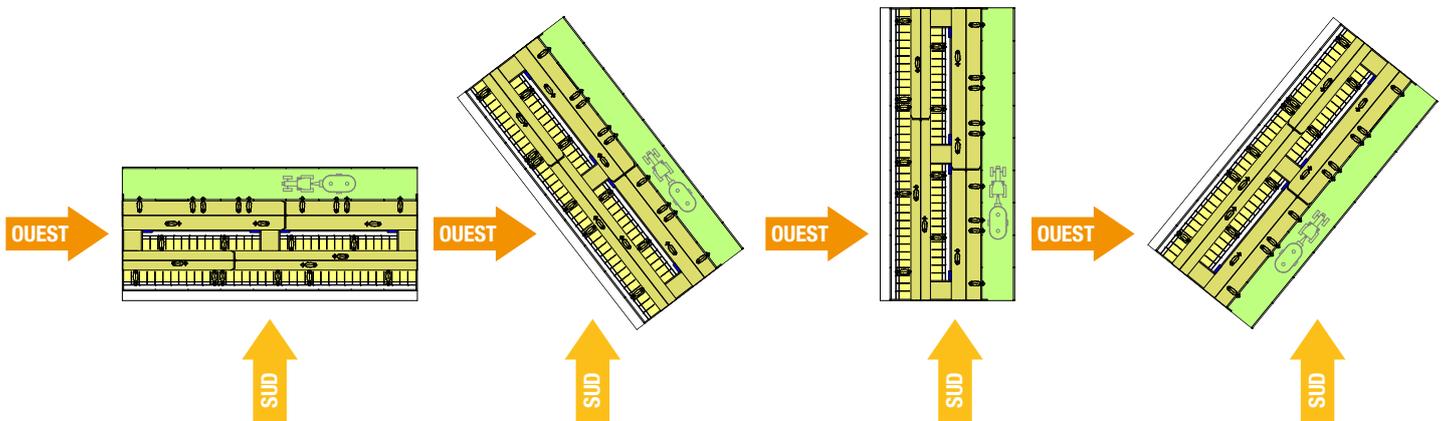
Selon l'implantation du bâtiment, l'impact de la course du soleil est différente. Les façades les plus exposées au rayonnement important du soleil sont le sud-est, le sud, le sud-ouest et l'ouest. A la construction des bâtiments, c'est un paramètre à prendre en compte mais il n'est pas le seul ! D'autres critères comme le foncier disponible, le terrassement, l'orientation par rapport aux vents les plus fréquents, ... interviennent également. Sur le **schéma 5**, le

bâtiment est positionné selon différentes orientations. Il est ainsi aisé d'imaginer les façades et pignons à protéger du rayonnement du soleil aux heures les plus chaudes.

La situation la plus difficile est d'avoir un long pan exposé à l'ouest, puisque quand le soleil décline, il est plus délicat de gérer le rayonnement.

Schéma 5

Identifier les risques de rayonnement solaire selon l'orientation du bâtiment par rapport au soleil



A l'aide de l'application « la trajectoire du soleil » (photo 8) il est possible de visualiser le bâtiment et l'ensevelissement l'hiver et l'été. Dans cet exemple, nous observons facilement que le long pan orienté au sud-ouest sera celui le plus exposé au soleil.

Indication du Nord

Long pan Sud-Ouest

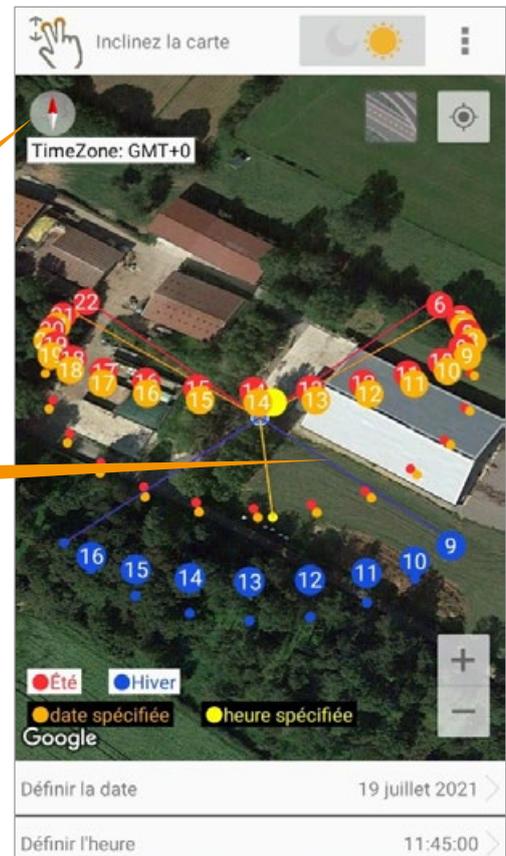


Photo 8

Exemple d'utilisation de l'application « La trajectoire du soleil »

2. LES PRÉCONISATIONS POUR LIMITER L'IMPACT DU RAYONNEMENT EN BÂTIMENT

Que ce soit en prairie ou en bâtiment, l'objectif est d'offrir aux animaux laitiers des conditions ressemblant à celles sous un parasol : de l'ombre et des côtés ouverts le plus

possible mais sans rayonnement. Voici une liste de points à prendre en compte pour réduire l'impact du rayonnement solaire direct et indirect.

2.1 L'OMBRE EN PRAIRIES EST INDISPENSABLE

En prairie, la différence de température du globe noir entre les zones ombragées ou non est très importante. Dans cet exemple, avec une température ambiante de 28,1 degrés à l'ombre, la différence entre la TGN à l'ombre et en plein soleil était de 8,5 degrés (Photo 8 + tableau 1)

	Prairie à l'ombre	Prairie sans ombre
Température ambiante (en degrés)	28,1	29,8
Température Globe Noir (en degrés)	28,3	36,8

Tableau 1

Évolution de la température ambiante et de la température du globe noir entre une partie de prairie à l'ombre ou sans ombre



Photo 9 :

Une différence importante de température au globe noir est mesurée en prairies entre les zones ombragées en prairies et celles en plein soleil

Assurer de l'ombrage en prairie est donc essentiel, avec des alignements d'arbres ou les linéaires de haie offrant des zones d'ombre suffisamment importantes pour éviter l'agglutinement des vaches et les risques sanitaires. L'avantage des alignements d'arbre est que l'été, le vent n'est pas freiné en partie basse.

En l'absence de solutions de court terme, ou faute de réserve suffisante de fourrages sur pied, il est préférable lors des après-midis voire des journées chaudes, de rentrer les animaux dans des bâtiments adaptés, et de privilégier les sorties la nuit. La journée, la vache aura ainsi tout le loisir de s'alimenter et de s'abreuver à l'abri du rayonnement.

2.2 CONSTRUIRE OU AMÉNAGER DES BÂTIMENTS AVEC DES AVANCÉES DE TOIT (DÉBORDS DE TOITURE)

Un débord de toiture (photo 10) sur les façades orientées sud-est, sud et sud-ouest contribuera à créer de l'ombre sans gêner l'ensoleillement l'hiver (schéma 6). En effet, l'hiver, le soleil est beaucoup plus bas que l'été. Par exemple, à Angers, l'angle du soleil par rapport au sol est de 20° fin décembre mais de 65° fin juin et 53° fin août (à 12 heures - heure solaire).



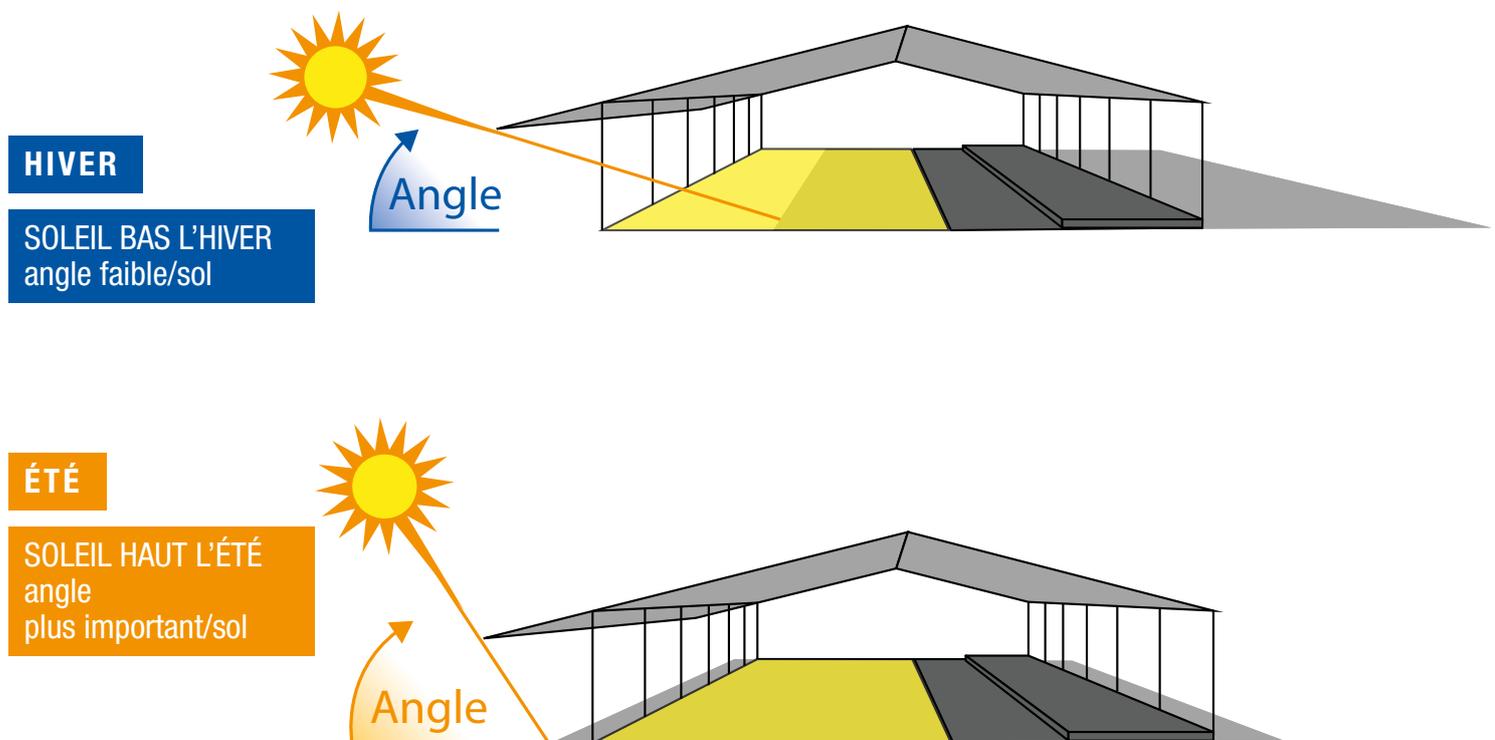
Photo 10

Une avancée de toit pour se protéger du rayonnement et de la pluie

Crédit photo : Idele

Schéma 6

Angle du soleil l'hiver et l'été pour une façade orientée au Sud





A l'ouest, le soleil décline avec un angle du soleil faible par rapport au sol. L'avancée de toiture ne s'avère alors pas suffisante pour limiter le rayonnement direct alors que celui-ci est encore important et l'accumulation de chaleur maximale pour les animaux.

Toutefois, quelle que soit l'orientation, l'avancée de toit protège l'ouverture libre d'un rideau ouvrant du haut vers le bas, ce qui permet en toute saison d'ouvrir en partie haute sans risque d'entrée de pluie (Photo 11).

Photo 11 :

Un rideau ouvrant du haut vers le bas protégé par une avancée de toit apportant de l'ombre et permettant l'hiver la protection de l'ouverture haute en cas de pluie ou de vent froid

Crédit photo : Idele

Un repère simple pour dimensionner la largeur de l'avancée de toit est le coefficient « hauteur du débord divisé par sa largeur » (Ha/L) (Schéma 7). Il est proche de

1,3 dans la région d'Angers (et 1,5 à Millau) quand il s'agit de protéger la hauteur totale de l'auvent quand le soleil est à son zénith à 12H heure solaire (14H à l'horloge) fin août, avec un angle de 53° du soleil par rapport au sol.

La hauteur sous l'avancée de toit est définie selon la nécessité ou non de passer dessous avec des engins. Par exemple, il est d'usage quand l'auge est sous un auvent (bâtiment semi-ouvert) de prévoir une hauteur libre de 4 m en prenant en considération la hauteur supplémentaire du couloir d'alimentation, surélevé par rapport aux aires de vie des animaux. Dans un bâtiment avec une rangée de logettes en bordure de long pan, la contrainte de hauteur est moindre, puisqu'il n'y a pas de passage d'engins en partie basse.

Trois hypothèses de dimensionnement sont données à titre indicatif dans ce document :

- Obtenir de l'ombre au pied du bâtiment (pour protéger du soleil les aires de vie des animaux en bordure de bâtiment) – Schéma 7 et tableau 2
- Obtenir de l'ombre 1,2 m avant le pied du bâtiment pour protéger l'auge (cas des bâtiments semi-ouverts) – Schéma 8 et tableau 2
- Accepter un ensoleillement partiel du couloir de distribution de l'alimentation (cas d'un bâtiment avec le couloir d'affouragement le long de la façade) – Schéma 9 et tableau 2

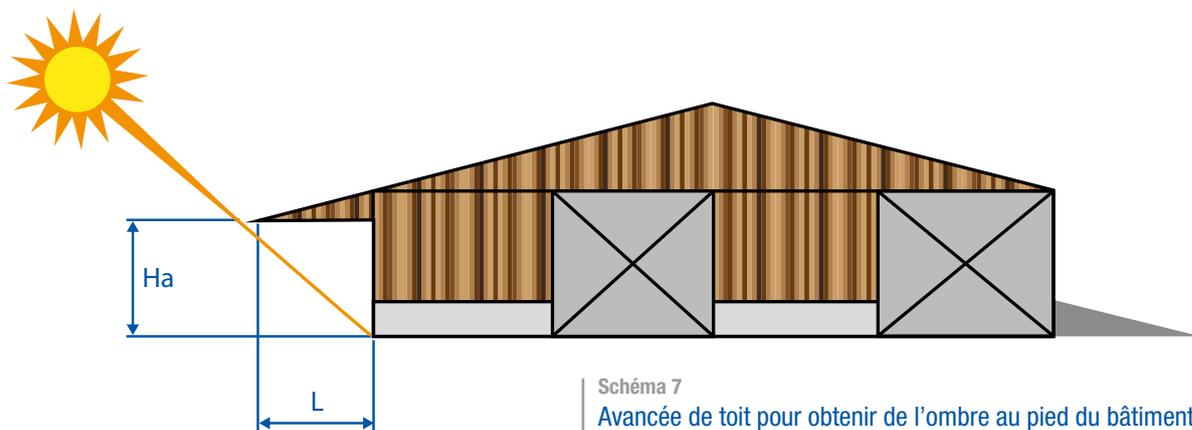


Schéma 7

Avancée de toit pour obtenir de l'ombre au pied du bâtiment pour protéger les aires de vie

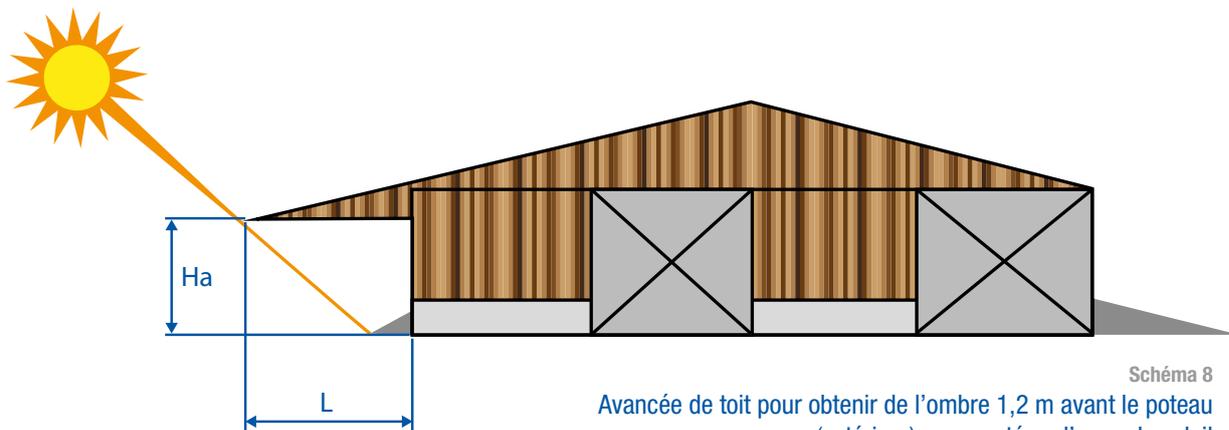


Schéma 8
Avancée de toit pour obtenir de l'ombre 1,2 m avant le poteau (extérieur) pour protéger l'auge du soleil

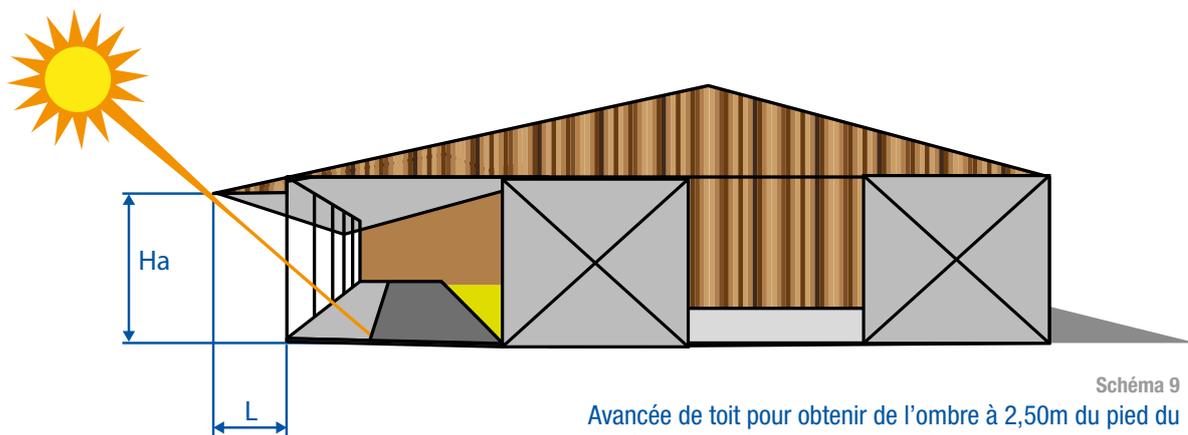
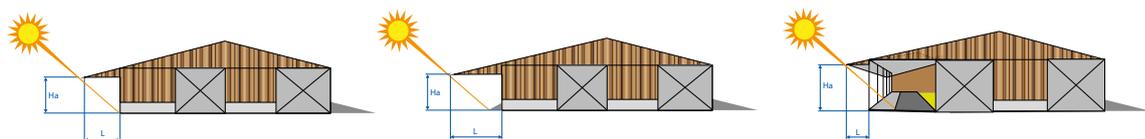


Schéma 9
Avancée de toit pour obtenir de l'ombre à 2,50m du pied du bâtiment (intérieur) afin de protéger une partie du couloir d'affouragement



Hauteur auvent : Ha en m	Largeur de l'avancée de toit (L) en m pour obtenir de l'ombre :		
	Au pied de poteau	A 1,20 m extérieur poteau (protection auge)	A 2,5 m intérieur poteau (protection partielle du couloir d'affouragement)
3,0	2,3	3,5	
3,5	2,7	3,9	0,2
4,0	3,1	4,3	0,6
4,5	3,5	4,7	1,0
5,0	3,8	5,0	1,3
5,5	4,2		1,7
6,0			2,1
6,5			2,5

Tableau 2
Largeur de l'avancée de toit (L) en m en fonction de sa hauteur (Ha) selon trois configurations

2.3 GÉRER LES OUVERTURES POUR LIMITER LE RAYONNEMENT DIRECT

Pour éviter le rayonnement solaire direct en période de fortes chaleurs, les ouvertures sont à gérer en fonction de la course du soleil. En ouvrant les portails exposés au soleil uniquement la nuit et en début de matinée, le bâtiment peut être rafraîchi, en limitant l'entrée de chaleur durant les périodes les plus chaudes de la journée.

Pour les façades exposées au sud, un débord de toiture suffisant permet l'ouverture sans risque d'ensoleillement (cf. partie précédente).

Cependant en l'absence d'avancée de toit ou sur la façade exposée au soleil bas et chaud de l'ouest, il est intéressant de pouvoir **moduler les ouvertures selon le moment de la journée pour conserver l'ombre au sein du bâtiment tout en permettant une ventilation en partie basse** (photos 12, 13 et 14).

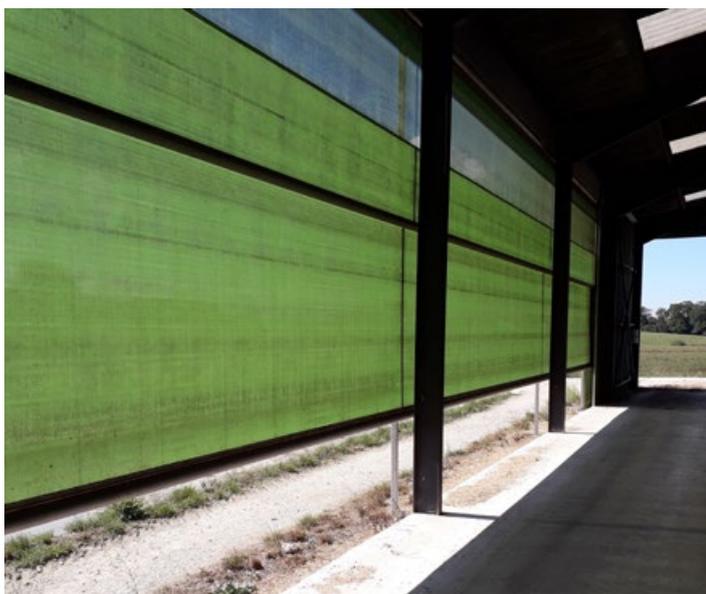


Photo 12
Rideau fermé partiellement pour limiter le rayonnement direct tout en conservant une ventilation en partie basse
Crédit photo Idele



Photo 13
Rideau décalé du poteau pour assurer l'ombrage tout en facilitant la circulation de l'air
Crédit photo BTPL



Les rideaux à double enroulement (photo 14) présentent l'avantage d'être polyvalents dans le choix de l'ouverture (en haut, en bas, en haut et en bas). Cependant, ils sont plus onéreux.

Photo 14
Un rideau à double enroulement permettant d'adapter l'ouverture au rayonnement solaire
Crédit photo Idele

Une autre solution constituée d'un dispositif articulé est présentée sur la [photo 15](#).

Photo 15
Un textile articulé pour apporter de l'ombre côté auge
(et réduire la largeur du bâtiment)

Crédit photo Idele



2.4 AMÉNAGER DES DISPOSITIFS D'OMBRE

Les rideaux permettent une modularité intéressante pour la ventilation mais nécessitent un investissement conséquent. En cas de recherche de solutions plus économiques, voici des illustrations de dispositifs d'ombrage plus simplifiés ([photos 16 à 19](#)).

Photo 16
Des panneaux pour créer de l'ombre
Crédit photo Idele



Photo 17

Un dispositif léger pour apporter de l'ombre

Crédit photo Idele



Photo 18

Prolongation de l'auvent avec une toile textile d'ombrage

Crédit photo BTPL



Photo 19

Des volets en bois pour faire rentrer de l'air mais sans rayonnement

Crédit photo Idele

2.5 LIMITER LES RISQUES DE RÉCHAUFFEMENT DE L'ALIMENT DISTRIBUÉ

Un fourrage exposé au soleil chauffera plus rapidement occasionnant une perte d'appétence. Ainsi, le choix de l'orientation du silo d'été est important, avec une ouverture au nord ou à l'est qui est préférable à une ouverture au sud ou à l'ouest. L'aliment distribué doit également rester à l'ombre (photo 20).



Photo 20

Un rideau légèrement baissé pour assurer de l'ombrage au niveau de l'auge

Crédit photo Idele

2.6 PRIVILÉGIER, SI POSSIBLE, DES MATÉRIAUX DE COUVERTURE ET DE BARDAGE DE COULEUR CLAIR

Les matériaux de couverture et de bardage de couleur foncée, exigés parfois dans certains PLUI (Plan Locaux d'Urbanisme Intercommunal) augmentent l'absorption de la chaleur alors que **la couleur claire a un effet réfléchissant réduisant ainsi le rayonnement indirect à l'intérieur du bâtiment.** Par ailleurs, des couleurs claires des matériaux en bardage améliorent également la luminosité à l'intérieur des bâtiments (photo 21).



Photo 21

Des matériaux de couleur claire qui augmentent la luminosité au sein des bâtiments

Repeindre les toitures avec des peintures de couleur claire réfléchissantes, une solution évoquée en milieu urbain !

Repeindre les couvertures de bâtiments agricoles avec des peintures claires réfléchissantes pourrait être une solution intéressante à l'avenir, comme ce qui se développe en milieu urbain pour les toitures terrasses.

Toutefois, cette technique se heurte à plusieurs freins :

- Le coût et la pérennité
- Le coût du nettoyage régulier pour conserver l'efficacité de cette solution
- La réglementation d'urbanisme, et l'impact sur le paysage

Cette solution est donc à comparer avec le coût d'une isolation de la toiture.

2.7 RÉDUIRE VOIRE SUPPRIMER LES MURS ET LES BARDAGES MÉTALLIQUES

Les murs non isolés à proximité des animaux vont emmagasiner la chaleur et la restituer en fin de journée quand la température va décroître, retardant ainsi la récupération des animaux. **Réduire la hauteur de maçonnerie ainsi que les bardages métalliques est donc important pour deux raisons : permettre l'aménagement d'ouvertures le plus bas possible en période chaude tout en réduisant**

le rayonnement de la chaleur. Même à des températures faibles, en l'absence de vent et de pluie, les bâtiments logeant des vaches laitières peuvent être ouverts en partie basse. Comme la maçonnerie, les bardages métalliques sont également très chauds l'été et froids l'hiver.

2.8 ISOLER LES TOITURES DANS CERTAINES CONDITIONS

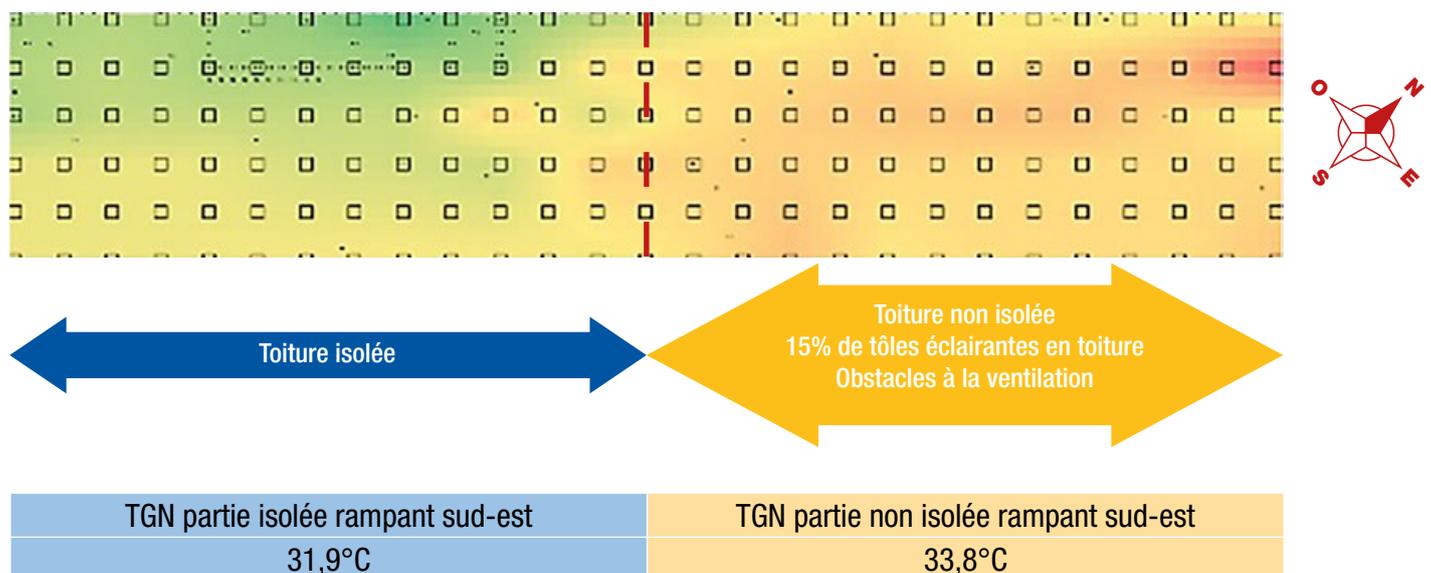
Les mesures réalisées dans le bâtiment représenté sur le schéma 10 montrent l'intérêt dans certaines situations de l'isolation de la toiture. Cette étable comporte un long pan orienté au sud-est. La partie de gauche représentée sur le schéma est de faible hauteur (moins de 3 m en point bas) avec une toiture rénoverée et isolée par la même occasion. A droite, nous avons une extension de bâtiment plus récente, de plus grand volume (5m à la gouttière) mais cette partie est relativement enclavée avec des obstacles pénalisant la ventilation (bois, silos, et fumière à proximité). La proportion de tôles éclairantes en toiture sur cette partie est de 15%. La température mesurée au globe noir est de 2°C supérieure dans la partie non isolée.

Dans cet exemple, l'écart s'explique par :

- L'isolation de la partie « bas volume » qui réduit le rayonnement au sein des aires de vie,
- L'excès de plaques éclairantes en toiture qui accentue l'entrée de chaleur mal évacuée avec un environnement du bâtiment bloquant la ventilation pour la partie « grand volume ».

Schéma 10

Mesure de la température du globe noir (TGN) dans un bâtiment pour partie isolée en toiture (à gauche) et non isolée (et très rayonnante) à droite.



Les facteurs à prendre en compte pour isoler ou non une toiture de bâtiment :

En résumé, le gain espéré en isolant une toiture est d'un maximum de 2°C et la décision d'isoler ou non doit prendre en compte différents facteurs :

- Le **surcoût** comparativement à une couverture classique.
- La **hauteur du toit** par rapport aux animaux : plus celle-ci est haute (> 4m en partie basse par rapport aux aires de vie des animaux), plus l'incidence de l'isolation sera faible au niveau des aires de vie des animaux.
- Le **type d'animaux** : l'isolation de la toiture est largement adoptée et conseillée pour le logement des veaux. En effet, la toiture est basse par rapport aux aires de vie avec un impact du rayonnement plus élevé. Les veaux sont également plus sensibles aux variations de température brutales lors des saisons intermédiaires.
- L'**exposition des rampants** : le rayonnement sera un peu plus important pour un rampant exposé au sud plutôt qu'au nord. Il est donc possible pour réduire les coûts d'isoler uniquement le rampant exposé au sud.
- L'**ouverture** ou non du bâtiment et son **degré d'exposition** au vent : la chaleur rayonnante sous la toiture sera plus facilement évacuée si le bâtiment est ouvert sur ses quatre faces. Même si la chaleur passe à travers le matériau, l'impact sera réduit au niveau de l'aire de vie des animaux avec un « balayage » efficace sous toiture assuré par la ventilation naturelle ou mécanique.
- La **situation de départ** en cas de rénovation de la toiture, c'est-à-dire du matériau initial de couverture et du pourcentage de tôles éclairantes en toiture. Les couvertures en tôles métalliques et les plaques éclairantes en toiture transmettent davantage de chaleur que les couvertures en fibrociment, et bien sûr que les toitures isolées.
- La **zone géographique** : en zone de montagne, l'isolation des bâtiments pour vaches laitières est plus fréquente qu'en plaine, surtout dans une optique hivernale, afin d'éviter un refroidissement trop brutal à l'intérieur du bâtiment via la toiture. Attention toutefois, un bâtiment isolé en toiture doit être suffisamment ventilé y compris l'hiver pour éviter la condensation. En effet, les matériaux isolés étanches ne tamponnent pas les variations d'humidité comparativement à la couverture en fibrociment.

Les solutions techniques pour isoler les bâtiments bipente « classiques » :

Plusieurs solutions techniques existent pour l'isolation comme la pose de **panneaux isolants** (généralement en polyuréthane pour sa grande efficacité avec une faible épaisseur) sous la couverture existante, ou l'utilisation de **panneaux sandwich** (photo 22) assurant couverture et isolation.

Dans les deux cas, une épaisseur d'isolant de 4 cm suffit puisque ce qui est recherché est uniquement la limitation des variations thermiques et du rayonnement.



Photo 22

Une couverture ancienne remplacée par un produit isolant sur un rampant de toiture de bas volume

Crédit photo Idele

Quels conseils pour les bâtiments type tunnel d'élevage ?

Le tunnel d'élevage simple, couvert d'une bâche (type « bâche de camion ») non isolée n'est pas adapté pour une présence d'animaux en été.

Concernant les bâtiments plus évolués pour l'élevage, type tunnel à pieds droits, même si certaines couvertures protègent partiellement les vaches du rayonnement solaire (Photo 23) cette protection est moins efficace qu'une toiture isolée (Photo 24).



Photo 23
Un bâtiment tunnel pied droit avec une toiture non isolée



Photo 24
Un tunnel couvert d'une bâche isolée
Crédit photo Idele

Dans un bâtiment en tunnel pieds droits, sans toiture isolée, le rayonnement est plus important en dessous de la « demi-lune exposée » au soleil. Pour exemple, dans une étable existante, en mesurant la différence de température de rayonnement (TGN) sous la demi-lune exposée au Sud puis à l'extérieur à l'ombre et à l'abri du vent, nous observons une température plus élevée de 2,3°C sous une demi-lune exposée au soleil et non balayée par le vent (Tableau 3). Toutefois, la différence sur l'ensemble du bâtiment n'est que de 1°C puisque les demi-lunes situées au nord sont moins exposées et la ventilation est efficace.

TGN Soleil	TGN Ombre extérieur	TGN Demi lune exposée soleil Sud
39,67	26,3	28,6

Tableau 3
Température du Globe Noir en degrés en plein soleil, à l'ombre à l'abri du vent et sous la demi-lune exposée aux rayons du soleil à l'abri du vent

Quel confort thermique à l'intérieur des toits de type « shed » ?

Concernant les structures type « toit d'usine » (ou Shed – photo 25), plusieurs paramètres vont influencer le confort thermique. Deux risques sont à prendre en compte : le rayonnement par le toit et par les décalages.

Avec une toiture non isolée, le rayonnement par le toit dépendra de :

- La hauteur et la longueur des rampants de toiture

Si les successions de rampants sont courtes (cas de bâtiments en logettes avec des poteaux tous les 5 à 6m par exemple), le volume du bâtiment est réduit. Le risque de rayonnement est donc élevé avec une toiture basse et proche des animaux.

- L'orientation des rampants

Si le rampant est orienté au sud, le risque de rayonnement est plus important comparativement à une exposition du rampant au nord.

Quand au rayonnement par les décalages, il dépendra de **l'orientation des ouvertures.**

Des ouvertures au sud-est, sud, sud-ouest et ouest augmentent le risque de surchauffe. Il est nettement moindre au nord ou à l'est.

Par conséquent, si ce type de toiture est envisagé pour une construction neuve, à moins d'isoler, les successions courtes de rampants sont à éviter.

Dans toutes les configurations, sans ouverture classique en faitage, c'est la ventilation transversale qui doit être optimisée. Les ouvertures latérales et les décalages de toiture doivent donc être le plus ouverts possible pour une bonne ventilation été comme hiver, et ce d'autant plus que le bâtiment est large.



Photo 25

Un exemple de construction en bâtiment type « toit d'usine » ou Shed

Crédit photo Idele

L'impact du photovoltaïque en toiture.

Les panneaux photovoltaïques posés au-dessus d'autres matériaux qui assurent l'étanchéité (photo 26) permettent une réduction du rayonnement via la toiture. En combinaison avec des tôles métalliques, la condensation à l'intérieur du bâtiment peut être importante si une ventilation transversale efficace y compris l'hiver n'est pas suffisante. Les feutres anti-condensation, une fois saturés de poussières et d'humidité ne sont plus efficaces pour réguler l'humidité.

L'arrosage en toiture, une fausse bonne idée ?

Même si l'arrosage des toitures permet une baisse de température de la toiture et donc une réduction du rayonnement indirect, l'effet n'est que très temporaire. L'arrosage est plutôt une mesure d'urgence en cas de stress extrême des animaux. Cette technique est bien sûr préférable en utilisant de l'eau de pluie récupérée. Toutefois, si l'eau tourne en circuit fermé, une fois réchauffée, l'arrosage ne sera plus efficace. La priorité reste donc de privilégier d'autres solutions.



Photo 26

Le photovoltaïque en toiture posé sur une tôle assurant l'étanchéité réduit le rayonnement, mais attention aux risques de condensation à l'intérieur du bâtiment avec les couvertures métalliques

Crédit photo Idele

2.9 APPORTER LA LUMIÈRE PAR LES CÔTÉS ET DE MOINS EN MOINS VIA LA TOITURE

L'apport de lumière via la toiture doit être limité et de plus en plus évité quand le bâtiment est utilisé l'été, même partiellement.

C'est ainsi que les repères de proportion de tôles éclairantes en toiture sont à revoir. Ainsi, les préconisations anciennes de 10 à 15% de tôles éclairantes en toiture sur l'ensemble du bâtiment ne sont plus adaptées au contexte actuel.

A défaut d'éclairage naturel via la toiture, les ouvertures et bardages sur les façades doivent permettre l'apport de lumière latérale en évitant aussi le rayonnement.

Ce qui est beaucoup plus facile avec de larges ouvertures latérales été comme hiver, mais moins aisé avec des bâtiments existants équipés de bardages fixes surtout s'ils

sont de couleur sombre. Les apports lumineux latéraux peuvent être complétés par la pose de tôles éclairantes sur les pignons nord et est (schéma 11 et photo 27). Sur le marché, il existe des tôles éclairantes perforées permettant d'associer luminosité et ventilation en pignon.

Pour les bâtiments de grande largeur, la réalisation de décalages entre portiques (schéma 11) permet un apport de lumière complémentaire. Selon l'orientation, ce décalage peut être protégé par une avancée de toit pour protéger l'entrée du rayonnement solaire mais aussi du vent d'hiver et de la pluie.

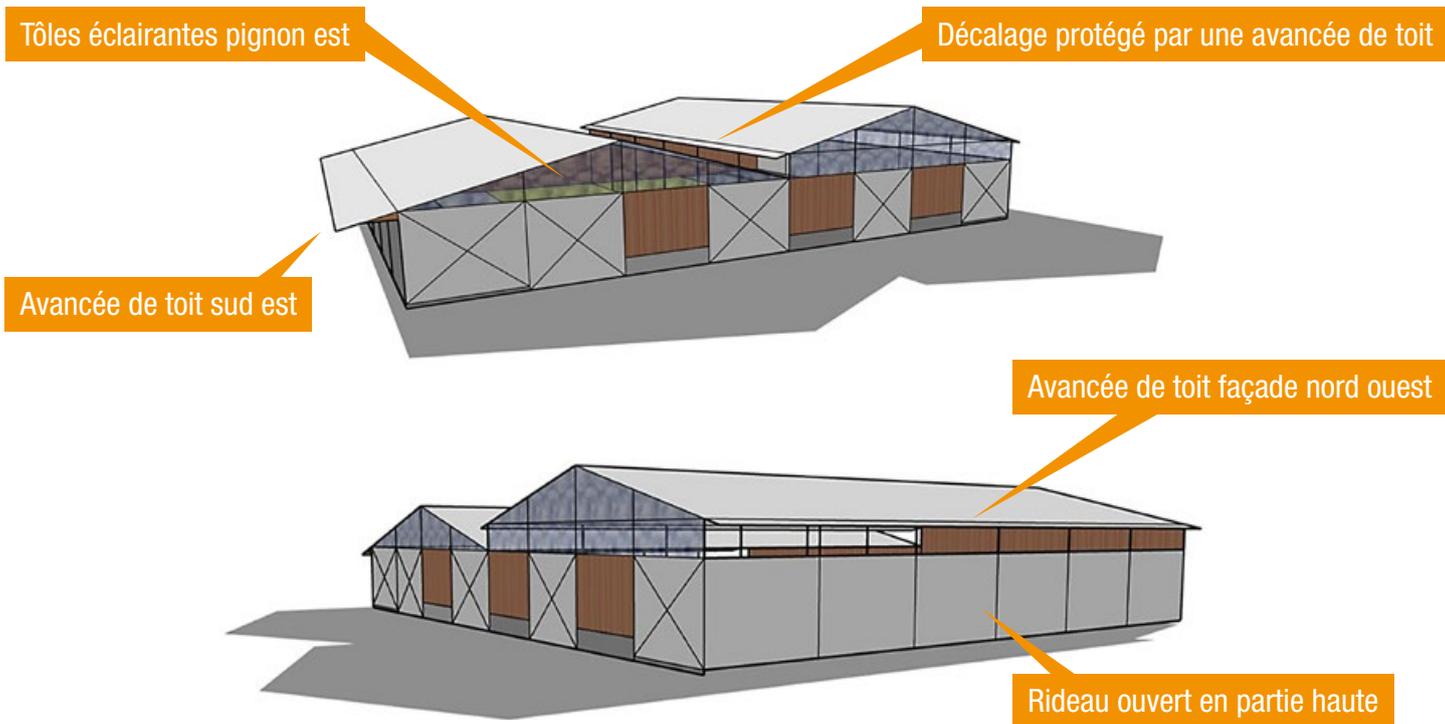


Schéma 11
 Un exemple de bâtiment avec l'apport de lumière : en pignon, au niveau du décalage entre les deux portiques et latéralement
 Crédit photo Idele

Photo 27
 Des plaques éclairantes intégrées dans les portes, un appoint de lumière intéressant pour les pignons exposés au nord ou à l'est
 crédit photo Idele



Si ces solutions ne peuvent pas être mobilisées, la pose de plaques éclairantes en toiture sur les rampants exposés au nord et à l'est s'avère une option par défaut, tout en choisissant des produits translucides, avec une pose en damier, et une diffusion de la lumière de façon la plus homogène possible afin de réduire la gêne potentielle pour les animaux très sensibles aux contrastes lumineux. En l'absence de meilleures solutions, la seconde option est d'installer un dôme ventilant et éclairant en faitage mais en choisissant une faible largeur, c'est-à-dire 80 cm au maximum, ce qui ne permettra cependant pas de supprimer complètement le rayonnement zénithal et l'échauffement intérieur qui en découle.

2.10 REPEINDRE PAR-DESSOUS LES TÔLES ÉCLAIRANTES EN TOITURE

Afin de limiter le rayonnement via la toiture et d'éviter de démonter des tôles éclairantes, une solution adoptée par certains éleveurs consiste à appliquer une peinture blanche comme celle utilisée par les serristes (photo 28). Attention toutefois à prendre toutes les précautions en termes de sécurité pour un travail en hauteur.

Pour plus de durabilité et moins de risque, l'application de l'intérieur est conseillée, avec une première couche d'accroche très diluée puis une seconde permettant une bonne protection, tout en conservant de la luminosité. L'application peut se faire avec un pulvérisateur à dos.

Un essai a été réalisé à l'abri du vent, avec des mesures de la température du Globe Noir (TGN) 50 cm sous la tôle éclairante (Tableau 4).



Photo 28

A gauche, une tôle éclairante et à droite une tôle identique repeinte en deux couches de l'intérieur avec une peinture blanche type « serristes »

Crédit photo Idele

TGN sous la tôle éclairante repeinte de l'intérieur – mesure à l'abri du vent	41,1
TGN sous la tôle éclairante non repeinte – mesure à l'abri du vent	51,5

Tableau 4

Température du Globe Noir (TGN) en degrés à l'abri du vent en dessous d'une tôle éclairante repeinte de l'intérieur ou brute (non repeinte)

2.11 APPORTER DE L'OMBRE AUSSI POUR LES VEAUX LOGÉS EN EXTÉRIEUR

Les veaux logés à l'extérieur (photo 29) peuvent aussi souffrir des fortes chaleurs amplifiées par le rayonnement :

- Direct du soleil sur la courette,
- Indirect via les abords bétonnés,
- Indirect à travers la niche, avec des différences selon les matériaux.



Photo 29

Les veaux à l'extérieur peuvent être affectés par les fortes chaleurs

Crédit photo Idele

Dans l'exemple ci-dessous (tableau 5), avec un type de niche donné, la température du globe noir à l'intérieur de la niche est supérieure de 4,4 degrés à la température ambiante.

Température ambiante extérieure TA	23,5°C
Température ambiante à l'intérieur de la case TA	25,3°C
Température du globe noir à l'intérieur de la niche TGN	29,7°C
Différence TGN - TA	4,4°C

Tableau 5

Relevé de température à l'intérieur de niches à veaux et à l'extérieur

Lors des épisodes de fortes chaleurs, apporter de l'ombre pour les veaux sera bénéfique pour leur confort. Différentes possibilités existent :

- Couvrir les niches ou igloos d'un toit (photo 30) ou rentrer les niches l'été dans un bâtiment de stockage non utilisé
- Les placer à proximité d'arbres et de zones enherbées (photo 31),
- Aménager des voiles d'ombrage (photo 32),
- Opter pour des modules isolés en toiture et sur 3 côtés (photo 33 et 35).



Photo 30
Des igloos positionnés à l'ombre sous un bâtiment
Crédit photo Idele



Photo 33
Des modules isolés et préfabriqués pour le logement des veaux
Crédit photo Idele



Photo 31
Des niches équipées de trappes de ventilation, positionnées à proximité de zones enherbées et d'arbres pour assurer de l'ombrage
Crédit photo Idele



Photo 34
Une ouverture réalisée à l'arrière d'un igloo
Crédit photo Idele



Photo 32
Des niches protégées par des voiles d'ombrage
Crédit photo Idele



Photo 35
Une nursery construite « en dur » ouverte et isolée en toiture et sur une façade. Une ouverture ventilante au-dessus du mur isolé est protégée par un débord de toiture
Crédit photo Idele

2.12 VÉGÉTALISER LES ABORDS DES BÂTIMENTS

Des espaces enherbés autour des bâtiments

Les matériaux de voirie de couleur sombre absorbent davantage le rayonnement solaire et restituent la chaleur en fin de journée quand la température baisse alors que les matériaux d'accès de couleurs claires (cailloux par exemple) vont refléter le rayonnement du soleil notamment vers le bâtiment.

Voici un exemple de mesures du rayonnement dans l'environnement d'un bâtiment. Le rayonnement varie selon les aménagements autour des étables (Tableau 6 et schéma 12). Ainsi, entre l'extérieur en plein soleil sur un sol de couleur claire (béton) et à l'ombre à l'intérieur des bâtiments, il y a 13°C d'écart de température du globe noir. Cet écart est réduit de plus de 3°C quand on prend la mesure sur un sol enherbé.

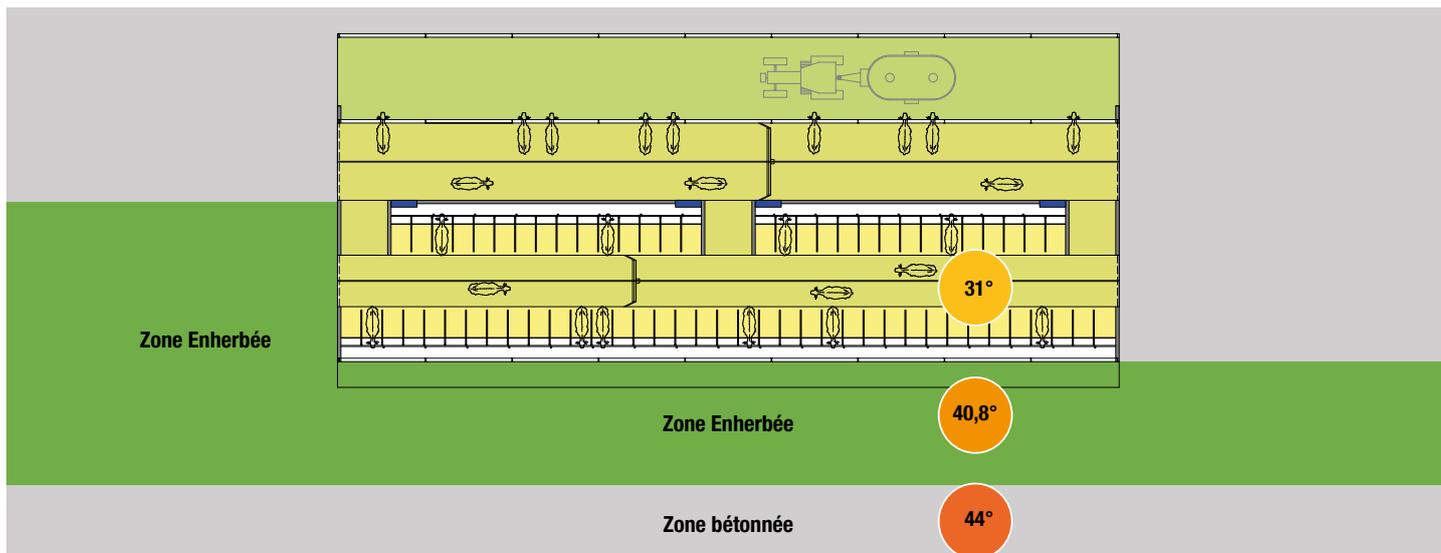
Température ambiante (TA) au sein du bâtiment	30,2°C
Température du globe noir (TGN) Intérieur du bâtiment	31°C
Température du globe noir (TGN) Sol enherbé à l'extérieur	40,8°C
Température du globe noir (TGN) Sol matériaux clairs (béton) à l'extérieur	44°C

Tableau 6

Un exemple de mesures de la température ambiante (TA) et de la température du globe noir (TGN) sur un sol de couleur claire et un sol enherbé aux abords du bâtiment d'élevage.

Schéma 12

Mesures de la TGN à l'intérieur et dans l'environnement du bâtiment



Les zones végétalisées autour des bâtiments (photo 35) ont donc l'avantage de diminuer la réflexion des rayons du soleil comparativement à un sol bétonné et de ne pas rayonner en soirée la chaleur accumulée dans la journée.

Ainsi, conserver ou créer des zones vertes autour des bâtiments est un atout en été.

Photo 35

L'herbe entourant le bâtiment réfléchit moins les rayons du soleil vers le bâtiment qu'un sol de couleur claire

Crédit photo Idele

Des arbres autour des bâtiments pour apporter de l'ombre

Une autre solution pour réduire le rayonnement et apporter de l'ombre est de planter des arbres autour des bâtiments. Des arbres de haut jet permettent la circulation de l'air tout en apportant de l'ombre (photo 36) alors qu'une haie dense sur tous les étages végétaux va avoir un effet brise-vent et va donc pénaliser la ventilation dans le bâtiment puisqu'elle réduit la vitesse d'air.

Les limites de l'utilisation de l'arbre pour protéger les bâtiments du rayonnement l'été sont de plusieurs ordres :

- Solution à long terme, qui prend du temps à être effective,
- Nécessite d'anticiper les évolutions potentielles des bâtiments,
- Contrainte du nettoyage régulier des gouttières et chéneaux.

Sur la photo 36, deux rangées d'arbre de haut jet ont été plantées à l'est et à l'ouest pour protéger le bâtiment quand le soleil est bas tout en ne pénalisant pas la ventilation en partie basse, essentielle pour l'été.



Photo 36
Un bâtiment en Italie entouré de rangées
d'arbres de haut jet à l'Est et à l'Ouest

Crédit photo Idele



CONCLUSION

Aussi bien à l'étable qu'en pâture, la réduction du rayonnement solaire devient cruciale et représente une des priorités au même titre que l'amélioration de la ventilation naturelle pour ne pas aggraver les conditions de stress thermique des animaux laitiers en période chaude. **Associer réduction du rayonnement et ventilation transversale**

efficace est une clef essentielle pour améliorer le confort thermique des vaches laitières. De nouveaux raisonnements sont à appliquer pour la construction de bâtiments neufs mais des solutions sont aussi applicables pour améliorer les bâtiments existants.

Document téléchargeable sur le site cniel-infos.com (onglet Elevage > Bâtiments d'élevage laitier)

Pour aller plus loin, vous trouverez des ressources complémentaires :

Vidéo : adapter son bâtiment d'élevage laitier aux conditions chaudes estivales

<https://vimeo.com/781128115>

Plan d'action pour adapter son bâtiment d'élevage laitier aux conditions chaudes estivales

<https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=2&record=10300437124921286199>

Améliorer le confort thermique des vaches laitières en bâtiments en période chaude

<https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=2&record=10350624124921788069>

Assurer un confort thermique optimal au sein des blocs traite

<https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=22&record=10453953124922711359>

Equipe projet pour la réalisation de cette synthèse :

Rédaction :

Bertrand Fagoo (Idele)

Relecture :

Dominique LAGEL (BTPL)

Pierrick EOZAN (Chambres d'agriculture de Bretagne)

Tanguy MOREL (Idele)

Florence FARGIER (Rhône Conseil Elevage)

Jean CHAREF (Cniel)

Ce document est issu du programme « Bâti'Laït Mieux » financé par le CNIEL et réalisé par

