

DIAGNOSTIC ENERGIES 2.2

SOMMAIRE

INTRODUCTION 121

Contexte

Objectifs et démarche

DONNÉES CLIMATIQUES 122

Températures, Ensoleillement, Pluviométrie, Vent

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DU BÂTI..... 123

Atouts et faiblesses du bâti existant

Isolation de la toiture

Isolation des murs extérieurs

Isolation des fenêtres et portes d'entrée

Ponts thermiques

Isolation du plancher du rez-de-chaussée

Ventilation

Chauffage

ÉNERGIES RENOUVELABLES 133

Les 6 familles d'énergies renouvelables

Energie solaire

Energie hydraulique

Aérothermique

Géothermie

Energie éolienne

Biomasse

SYNTHÈSE ENJEUX ET OBJECTIFS ENERGIES 141

119

Contexte

L'AVAP, Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine de Pithiviers est un outil de préservation et de mise en valeur de son patrimoine architectural, urbain et paysager.

Les enjeux de cette mise en valeur s'inscrivent pleinement dans ceux du développement durable : économie d'espace, économies d'énergies, matériaux, savoir-faire.

Le patrimoine bâti du centre présente notamment des qualités d'économie par une morphologie urbaine dense, en ordre continu, et par des modes constructifs traditionnels performants.

Pour compléter ces qualités intrinsèques attachées au bâti ancien, des mesures correctives ciblées, appropriées aux qualités patrimoniales recensées dans le cadre de l'approche architecturale et patrimoniale, peuvent être envisagées. Elles seront différentes selon l'époque et les caractéristiques techniques de la construction.

Objectifs et démarche

en matière d'économies d'énergie

Le Diagnostic «Energies» a pour objectif d'évaluer l'opportunité ou la capacité de l'existant à prendre en compte les travaux ou installations contribuant au développement durable, qu'il s'agisse du tissu bâti ou des constructions.

Le support technique des fiches ATHEBA, Amélioration Thermique du BÂtiment, est essentiel pendant la phase d'études, avant tous travaux sur le bâti existant.
<http://maisons-paysannes.org/restaurer-et-construire/fiches-conseils/amelioration-thermique-bati-ancien/>
 (fiches réalisées par Maisons Paysannes de France et le CETE de l'Est dans le cadre d'un Programme soutenu par le Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et du Logement, le Ministère de la Culture et de la Communication et la Fondation du Patrimoine)

[121]

Pour les constructions nouvelles, les principes d'intégration architecturale et d'insertion paysagère attachés aux AVAP doivent permettre la promotion d'une architecture contemporaine de qualité, tant au titre de l'expression architecturale qu'en termes d'excellence énergétique.

en matière d'énergies renouvelables

Au regard de la protection et de la mise en valeur de l'architecture et du patrimoine, l'exploitation des énergies renouvelables présente des caractéristiques et des impacts très différents d'un procédé à l'autre. L'évolution technologique concernant les matériels et matériaux d'exploitation constitue également un facteur à prendre en considération.

Ces impacts sont évalués dans le cadre du présent Diagnostic.

DONNÉES CLIMATIQUES

Températures, Ensoleillement, Pluviométrie, Vent

La Beauce dans le département du Loiret : climat atlantique dégradé.

L'influence océanique est prépondérante dans le climat du Loiret, avec cependant des différences notables par rapport à la façade atlantique, située à un peu plus de 400 km.

La caractéristique principale du climat beauceron est la faiblesse des précipitations. Le déficit hydrique est généralement présent entre avril et septembre. Il est particulièrement marqué en août, avec des températures élevées.

Les précipitations se répartissent équitablement sur tous les mois de l'année avec une légère pointe au mois de mai. Au total, ces précipitations sont plutôt faibles du fait de l'éloignement des côtes et de la position d'abri dont bénéficie une partie du département en arrière des collines du Perche. Le pic d'insolation est observé au mois de juillet.

Températures

122

Les hivers sont doux (3 à 4 °C) et pluvieux, et les étés frais (17 à 18 °C) et assez humides. La température moyenne est de 10 à 11°C sur l'année.

Mois le plus froid : février avec une moyenne de 3,9 °C

Mois le plus chaud : juillet avec une moyenne de 19,5 °C

Ensoleillement

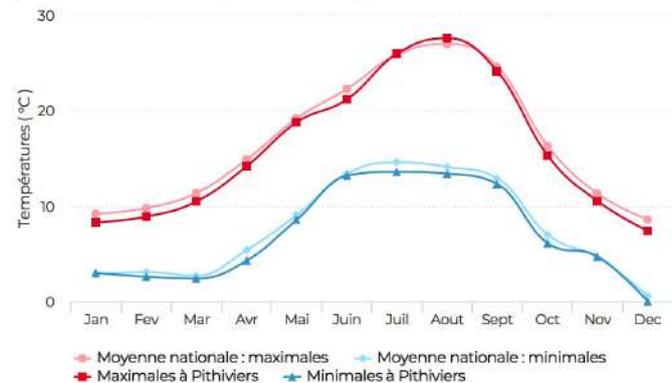
La capacité d'apports de chaleur par l'ensoleillement lors des périodes de chauffe est limité par un ensoleillement un peu inférieur à la moyenne nationale en automne et en hiver.

Vents

La diagramme ci-dessous montre des vents dominants en provenance principale de l'Ouest, avec régulièrement des vents du Nord sur la période d'été. La vitesse ne dépasse que rarement 45 à 50 km/h.

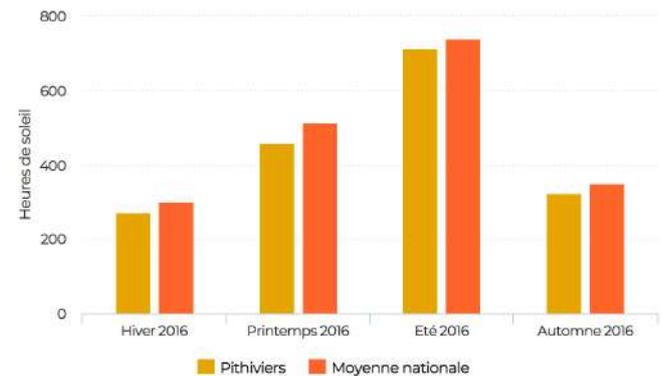
Températures à Pithiviers en 2016

(Source : Linternaute.com d'après Météo France)



Soleil à Pithiviers en 2016

(Source : Linternaute.com d'après Météo France)



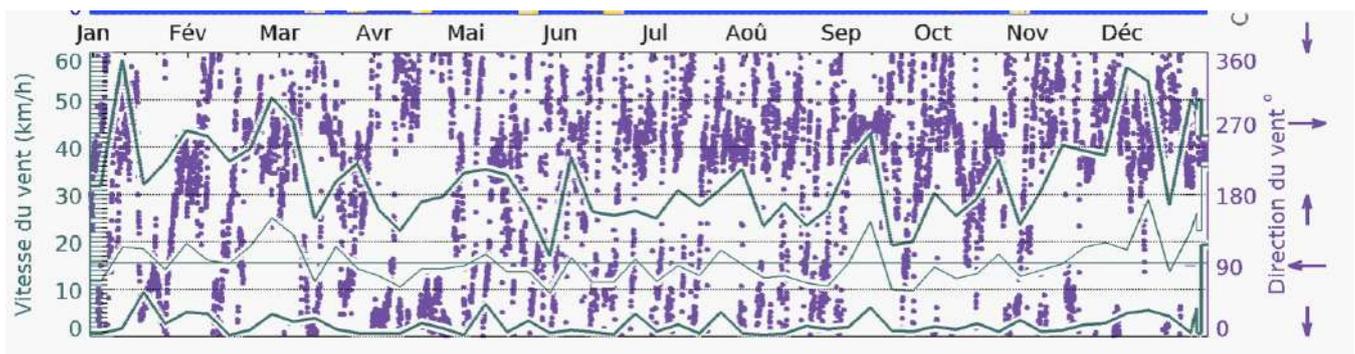
Sources

www.meteo45.com/climat_du_loiret.html

[www.meteo-centre.fr/dossier/publication/departement/ Etude-du-climat-Loiret-45.pdf](http://www.meteo-centre.fr/dossier/publication/departement/Etude-du-climat-Loiret-45.pdf)

VENT période 01/01/2017 à 31/01/2017

Source Météoblue



AVANT 1945 : le cycle de vie exemplaire du bâti ancien

Le cycle de vie complet d'une construction traditionnelle (+/- avant 1945) présente un bilan énergétique très favorable par rapport aux constructions modernes.

C'est en respectant les mises en œuvre traditionnelles et en les adaptant avec les usages actuels que pourront être atteints les objectifs assignés d'économie d'énergie.

L'usage de matériaux locaux entretient l'activité locale et la perpétuation des savoir-faire. Parce qu'il limite le transport, il est économe en énergie.

Le bâti ancien se révèle un acquis environnemental précieux :

- il a été construit à une époque où les consommations énergétiques étaient extrêmement faibles pour l'extraction des matériaux, la fabrication et leur la mise en oeuvre.
- cette consommation d'énergie est «amortie» et n'a plus à être renouvelée.
- en fin de vie, la destruction et le recyclage ne posent généralement aucun problème en raison du caractère naturel des produits.

Par voie de conséquence, du seul point de vue de la consommation énergétique et environnementale, une perte importante se produit lorsqu'une construction ancienne est détruite et remplacée par une construction nouvelle. (ATHEBA)

1930-1985 : le bâti moderne,énergivore

Les constructions réalisées avec des techniques de construction modernes radicalement différentes basées sur l'industrialisation des matériaux et des procédés, mais avec des préoccupations d'efficacité énergétique inexistantes ou faibles, sont les plus énergivores.

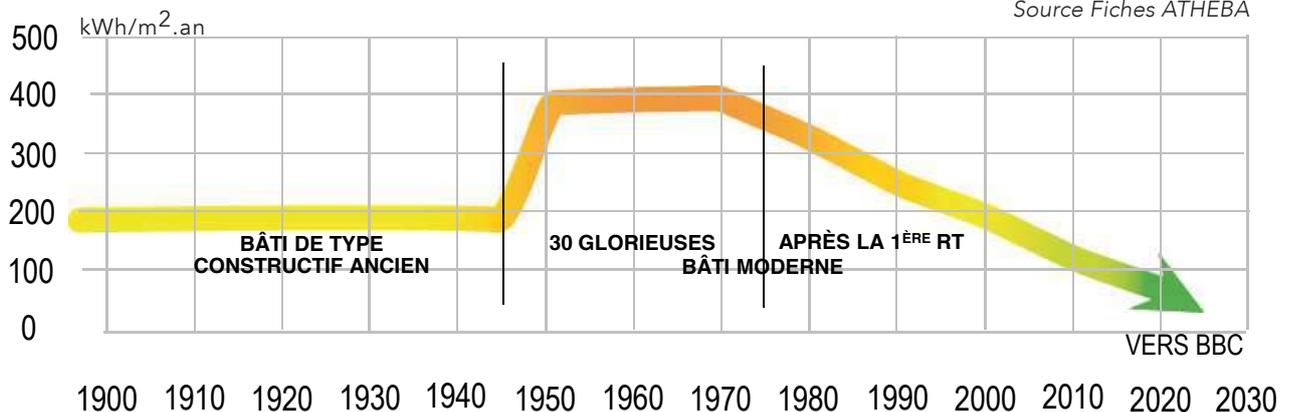
Avec le premier «choc pétrolier», la première réglementation thermique, appelée RT 1974, jette les bases. En 1979, le deuxième choc pétrolier entraine son évolution vers la RT 1982.

A partir de la fin des années 1980, les réglementations thermiques de plus en plus exigeantes se succèdent : RT 1988, RT 2000, RT 2005 jusqu'à la réglementation actuelle RT 2012. C'est donc sur les constructions modernes réalisées jusqu'à la fin des années 1980 que doit porter l'effort principal en matière d'isolation thermique.

La période +/- 1930 à 1985 a produit les logements les plus énergivores. A l'avenir, les nouvelles constructions seront basse consommation (BBC) mais leur proportion dans l'ensemble du bâti restera faible.

Il est donc essentiel de réaliser des économies d'énergies sur la part des logements les plus énergivores, notamment ceux réalisés entre 1930 et 1985.

Source Fiches ATHEBA



Avant 1945, Bâti ancien de techniques traditionnelles = une grande interaction avec l'environnement

L'environnement d'une construction à réhabiliter doit être appréhendé dès le diagnostic :

- présence de masques bâtis et/ ou végétaux
- caractéristiques climatiques locales : ensoleillement, vents dominants,...
- mitoyenneté et implantation : les constructions mitoyennes sont moins soumises en déperditions.
- etc.

La modification à priori anodine d'un élément environnant du bâtiment peut entraîner des effets importants sur son comportement. Par exemple la minéralisation d'une cour entraînera une migration d'humidité vers l'intérieur du bâtiment par les fondations ou le sous-sol ainsi qu'une réduction du rafraîchissement nocturne des habitations.

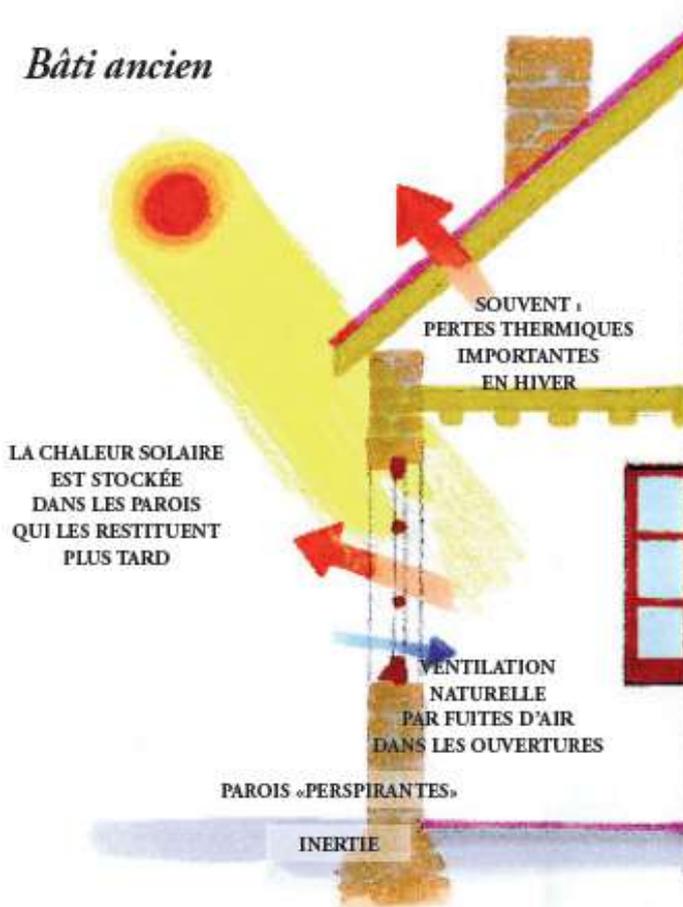
124

et une bonne organisation intérieure

La distribution des pièces tend à favoriser le confort dès la conception mais elle peut encore être améliorée par une réhabilitation judicieuse :

- disposition des «pièces de vie» et des «pièces de service» en fonction de la course du soleil :
 - > pièces de vie : coté ensoleillé
 - > pièces de service : côté froid.
- maintien d'espaces tampons: sur le plan thermique, les arrières-cuisines, caves, celliers, combles, constituent des zones tempérées qui limitent les transferts thermiques avec l'extérieur (le froid en hiver, la chaleur en été).
- logements traversants permettant de créer un flux d'air efficace pour renouveler et / ou rafraîchir l'air du logement.

L'adaptation du bâti ancien aux modes de vie actuels est possible dans la majorité des cas. L'amélioration de ses performances thermiques tient essentiellement à la correction des points faibles.



Le comportement thermique du bâti ancien est basé sur l'inertie des parois (pierre, brique) et leur capacité à favoriser l'évacuation de la vapeur d'eau.

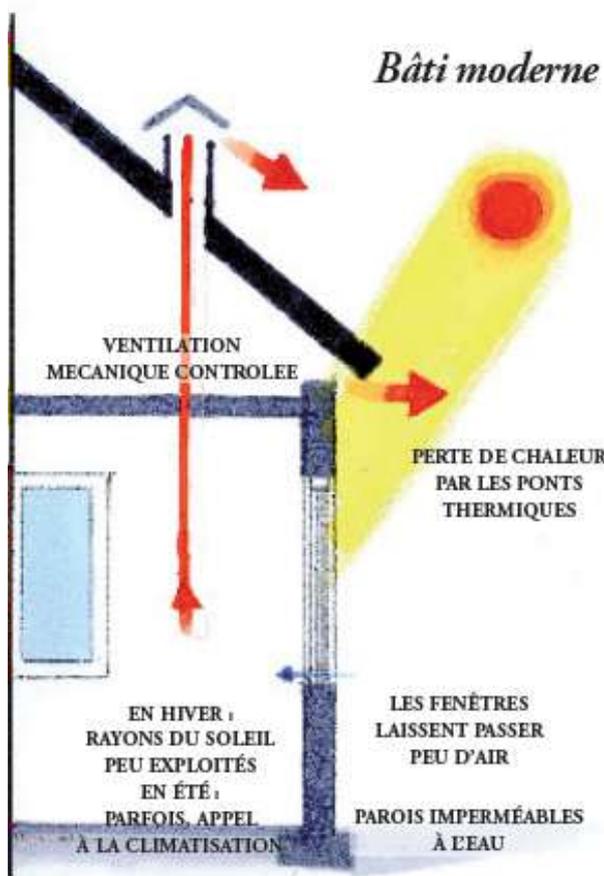
S'il montre une importante sensibilité à l'humidité, ses propriétés thermiques sont particulièrement favorables au confort d'été et au confort d'hiver.

Dessin Fiches ATHEBA

Ancien / moderne ? Quel bâti ?

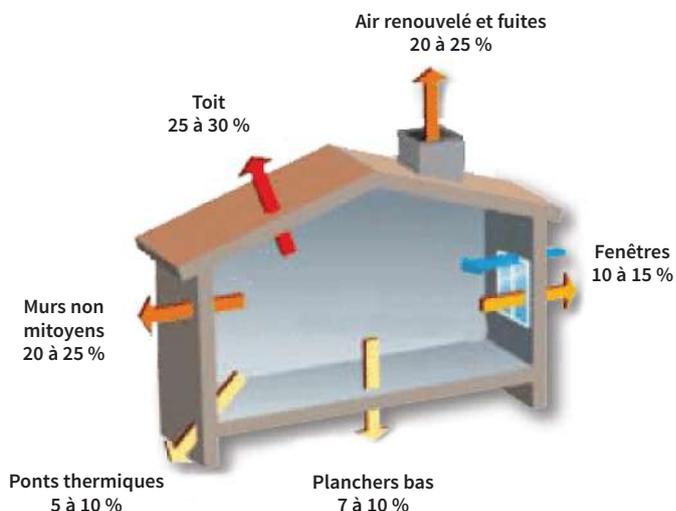
Connaître les caractéristiques techniques et l'environnement d'une construction est un préalable indispensable à tous travaux de rénovation énergétique.

Dessin Fiches ATHEBA



Bâti 1930 > 1985 : Bâti de techniques «modernes» = le plus énergivore

Les parois minces en matériaux très conducteurs (blocs de ciment, béton) et les ponts thermiques (planchers béton filants) génèrent en particulier d'importantes déperditions, alors que les exigences thermiques sont encore inexistantes ou très faibles..

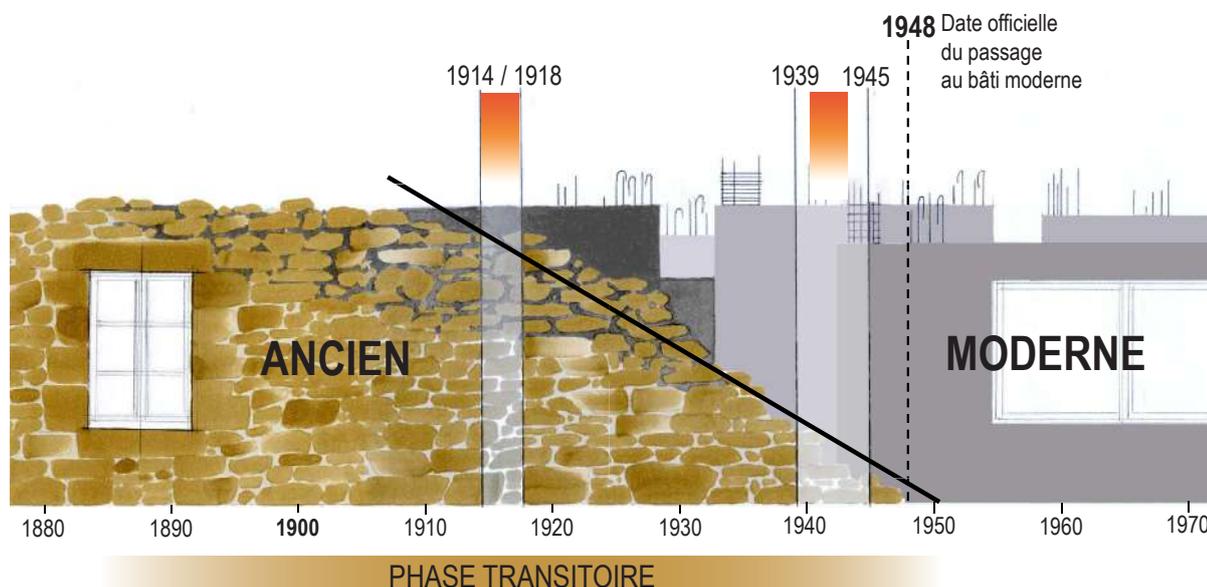


Le bâti moderne fonctionne d'une manière très différente du bâti ancien, avec des parois minces à très faible inertie et des parois imperméables à l'eau.

Dessin Fiches ATHEBA

Répartition des déperditions d'une maison de construction «moderne» (entre 1935 et la fin des années 1980)

Source ADEME



Isolation de la toiture

La priorité à l'isolation de la toiture

20 à 25 % des déperditions se font par la toiture. Selon que le comble est habité ou non, l'isolant sera installé sous les rampants de toiture ou sur le sol du grenier.

Attention toutefois au poids du complexe d'isolation ajouté sur la charpente.

> isolation intérieure sur le plancher du comble (schémas 1)

Solution la plus simple à mettre en oeuvre et la moins coûteuse, elle présente l'avantage de laisser la charpente entièrement visible et parfaitement ventilée ce qui permet de repérer immédiatement une entrée d'eau ou un éventuel problème sur les bois. La facilité d'entretien de la toiture est un atout pour sa bonne tenue dans le temps.

> isolation intérieure sous rampant (schéma 4)

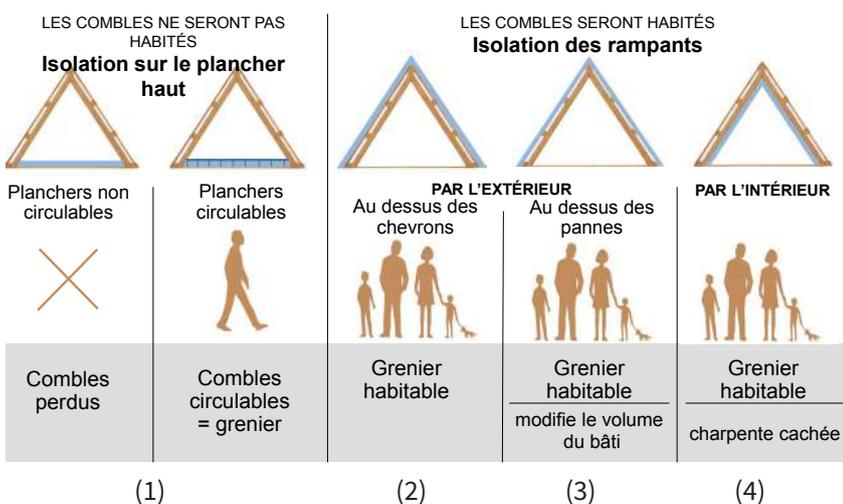
Le choix des matériaux comme la mise en oeuvre sont délicats. Le risque est de créer un phénomène de condensation à certains points particuliers cachés sous le parement intérieur. Cette humidité attaque la charpente de manière invisible et les dégâts peuvent devenir importants avant qu'ils ne se révèlent.

> isolation extérieure (schémas 2 et 3)

Lorsque la couverture doit être refaite, l'isolation extérieure peut être placée sur les pannes ou encore sur les chevrons (procédé d'isolation dit « Sarking »).

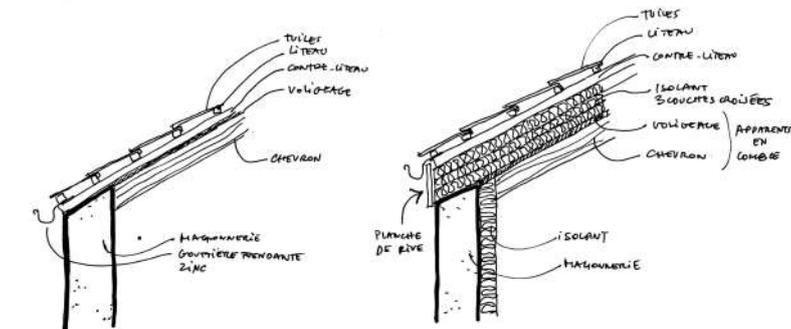
L'avantage de cette solution est de laisser la charpente visible. Son inconvénient est qu'elle oblige à réhausser la couverture. La finition des murs de façade dans la hauteur du réhaussement doit être prévue pour s'intégrer à la façade sans la dénaturer.

126



Les différentes solutions d'isolation des toitures.

Source Fiches ATHEBA



Avant isolation

Après isolation au-dessus des chevrons



L'isolation des rampants de toiture par l'extérieur au-dessus des chevrons entraîne une surélévation en rive de toiture : dessin de droite.

Photo : traitement par un habillage de zinc très épais inapproprié au bâti ancien (exemple hors région).

Caractéristiques des murs

Avant toute intervention, il est important d'identifier s'il s'agit d'un mur «respirant» ou non, c'est-à-dire perméable ou imperméable à l'air ou à la vapeur d'eau. Ce point est indispensable à la santé du bâti.

Si un mur dit perméable est isolé avec un matériau étanche à la vapeur d'eau, celle-ci peut être emprisonnée dans l'isolant, faisant chuter ses propriétés thermiques. Des perturbations vont en outre apparaître : moisissures, dégradation des revêtements et enduits, fragilisation de la structure notamment dans le pans de bois.

Les revêtements étanches à la vapeur d'eau sont à proscrire sur les murs traditionnels (pierre, brique, pan de bois). Ils conduisent à des dégradations des parois elles-mêmes et à des problèmes de condensation intérieure dus au blocage des échanges hydriques entre l'extérieur et l'intérieur des constructions.

La condensation intérieure crée des problèmes sanitaires dans les logements (moisissures aux points de condensation), et elle renforce le besoin en chauffage puisqu'il faut également chauffer la vapeur d'eau en excès dans l'air intérieur.

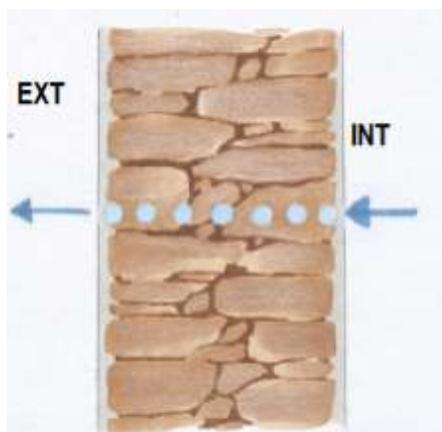
Tout en réalisant l'étanchéité à l'air, les enduits traditionnels font office de régulateurs hydriques et thermiques. Ils assurent la pérennité du mur en protégeant les pierres ou les briques du gel et des attaques acides.

Grâce à leur porosité, ils réduisent les transferts de chaleur tandis qu'ils favorisent les transferts d'humidité (perméance). S'ils permettent à la vapeur d'eau de sortir, ils ne laissent pour autant pas la pluie entrer.



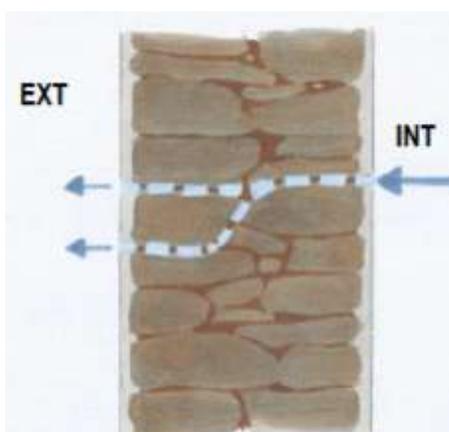
Exemple d'un enduit sur pierre appareillée inadapté (au ciment) = la pierre se désagrège sous l'effet de l'humidité emprisonnée.

(exemple hors région)



Pierre tendre > poreuse, isolante

La vapeur d'eau traverse facilement une paroi revêtue d'un enduit perméable.



Pierre dure > non poreuse, peu isolante

Seul le mortier de jointoiement laisse passer la vapeur d'eau ; sa composition doit permettre à la vapeur d'eau de migrer facilement.

Si la paroi est revêtue d'un enduit, celui-ci doit être perméable pour favoriser cet échange.

Le rôle majeur des mortiers et des enduits dans le bâti en pierre dans les transferts de vapeur d'eau.

Les enduits et mortiers imperméables à la vapeur d'eau bloquent l'humidité dans le mur et provoquent des désordres intérieurs et extérieurs.

Source Fiches ATHEBA

Choix d'une isolation des parois extérieures : recherche de l'équilibre coût/confort/préservation du bâti

> isolation par l'intérieur

L'isolation par l'intérieur est la plus pratiquée. Elle ne modifie pas l'aspect de la construction. Les caractéristiques du bâtiment doivent être prises en compte (épaisseur et composition des murs, perméabilité à la vapeur d'eau).

Cas du mur perméable parfois dit «respirant» : laisse passer l'air et l'humidité par porosité. Il est important de conserver cet équilibre hygrométrique ancien pour les raisons citées précédemment. Les matériaux utilisés doivent être de plus en plus ouverts à la diffusion de la vapeur de l'intérieur vers l'extérieur ce qui va favoriser l'évacuation de l'humidité de l'intérieur vers l'extérieur.

Cas du mur non perméable à l'air et à l'eau : les contraintes sont plus faibles que pour un mur respirant et les techniques courantes. Il s'agit notamment de tout le bâti en béton et parpaing de ciment construit à partir de 1945.

> isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur impacte l'enveloppe de la construction, dont elle modifie toujours l'aspect, ce qui joue en sa défaveur pour les constructions anciennes.

> amélioration du confort par action sur l'effet de paroi froide

Dans le cas d'une maçonnerie épaisse avec de l'inertie, il peut être suffisant de réduire l'effet de paroi froide à l'intérieur de l'habitation par :

- pose d'un enduit isolant perméable à la vapeur d'eau à l'intérieur : enduit isolant chaux-chanvre de 2 à 6 cm d'épaisseur ou enduit en terre, riche en fibres végétales;
- parement en bois (panneautage ou lambris) fixé sur liteaux, en faisant attention à assurer une bonne ventilation de l'espace libre derrière le parement.

Avantages : la capacité de stockage par inertie du mur et les transferts hydriques sont conservés, la résistance thermique est légèrement améliorée et l'effet de paroi froide est limité.

Enjeu patrimonial de l'isolation (toiture, murs):

L'adaptation du bâti ancien aux modes de vie actuels et aux exigences d'économies d'énergie est un objectif majeur de la mise en valeur du patrimoine, et la condition pour que l'habitat ancien continue à être désiré.

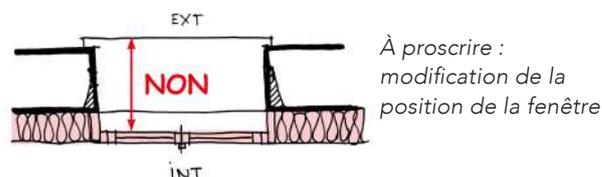
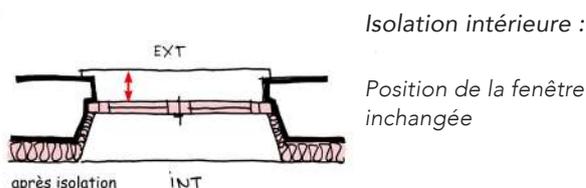
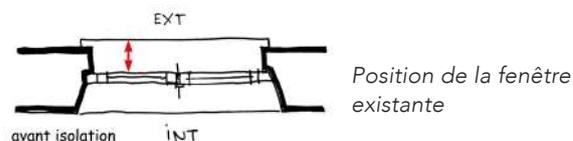
La qualité des travaux d'isolation constitue un enjeu essentiel de l'AVAP tant au regard de la valeur d'usage de chaque construction que du patrimoine urbain, partagé par tous.

128



Façades sur rue = isolation extérieure non adaptée :

- au maintien des alignements
- à la conservation de l'aspect des pierres et enduits anciens
- à la conservation des modénatures



Isolation des fenêtres : sous conditions

Les fenêtres représentent 10 à 15% des déperditions totales. Leur remplacement pour des fenêtres isolantes à double vitrage ne faisant que diminuer ces déperditions (d'environ les deux tiers), mais ne les supprimant pas, l'intérêt en matière d'économie d'énergie est faible eu égard au coût de l'opération.

Si les anciennes fenêtres à simple vitrage sont en bon état, les conserver peut s'avérer une solution plus raisonnable, tant en termes de retour sur investissement que d'esthétique, particulièrement dans le cas d'une construction à valeur patrimoniale.

Il est souvent possible de rapporter des survitrages sur les châssis existants, s'ils peuvent supporter le poids supplémentaire (10kg/m²).

Le changement de fenêtres peut être justifié :

- la nécessité d'isolation acoustique pour les fenêtres donnant sur une rue bruyante. Les critères d'isolation acoustique sont différents de ceux de l'isolation thermique : c'est alors l'épaisseur totale de verre et la dissymétrie de l'épaisseur des verres qui importe pour limiter le phénomène de résonance (par exemple : verre extérieur 10 / lame d'air 10 / verre intérieur 4).
- des raisons de confort pour limiter l'impression de paroi froide; mais cet avantage peut être obtenu par des volets intérieurs ou d'épais double-rideaux.
- une meilleure étanchéité à l'air; attention toutefois: celle-ci doit impérativement être compensée par une ventilation mécanique contrôlée (VMC) et des entrées d'air dimensionnées en conséquence.

L'installation de triple vitrage ne se justifie que dans des cas très particuliers, et surtout pas sur les baies au sud où il faut profiter des apports solaires. A vérifier impérativement par une étude thermique préalable, avant d'engager la dépense, importante.

Attention : dans certains cas la pose d'un double vitrage entraîne la formation de condensation sur d'autres surfaces du local où elle n'est pas souhaitable. Il est impératif de compenser par une ventilation mécanique contrôlée et des entrées d'air.

Pour aller plus loin, consulter la fiche ATHEBA les ouvertures dans le bâti ancien, <http://maisons-paysannes.org/restaurer-et-construire/fiches-conseils/amelioration-thermique-bati-ancien/>

Enjeu patrimonial de l'isolation des fenêtres :

Très important : le remplacement des fenêtres anciennes, très fréquemment opéré au cours des dernières décennies, s'est le plus souvent effectué avec une perte d'identité. Cette tendance s'est traduite par :

- emploi de matériaux inadaptés (plastique, aluminium) et pour certains non pérennes et non recyclables, voire dangereux (émanations toxiques du PVC en cas d'incendie).
- coloris inadaptés sans évolution possible,
- simplification des dessins de menuiserie,
- suppression des formes cintrées sous linteaux cintrés,
- incorporation dans les vitrages des petits-bois donnant un aspect factice...

Cas particulier des portes d'entrée

A Pithiviers la conservation d'un nombre important de portes d'entrée d'origine en bois qui sont de très belles réalisations d'artisans, doit être considérée comme une priorité.

Le cas échéant, l'amélioration de leur étanchéité à l'air devra être effectuée par la pose de joints pour augmenter leur efficacité thermique. Lorsque l'aménagement intérieur le permet, une double porte formant sas pourra être installée.



Pithiviers possède un nombre très important de portes anciennes remarquables qu'il est impératif de conserver.



Exemple de fenêtre ancienne avec cadres ouvrants arrondis, détail à ne pas supprimer.

Ponts thermiques

Réduction des ponts thermiques

dans le bâti ancien

En raison de la constitution des planchers par ancrage ponctuels de poutres, le bâti ancien est moins sujet aux ponts thermiques structurels. Cette discontinuité limite considérablement les échanges par conduction entre plancher et façade.

En outre, les repos des abouts de poutres, en bois ou en fer, sont généralement réalisés en ménageant des espaces libres autour de ces pièces de structure afin d'éviter le pourrissement du bois ou la rouille du fer au contact des maçonneries, ce qui contribue à limiter les échanges thermiques plancher/façade.

Dans la maçonnerie de pierre et de brique, les ébrasements de fenêtres constituent des ponts thermiques en tableau et en allège qu'il convient de traiter.

dans le bâti récent

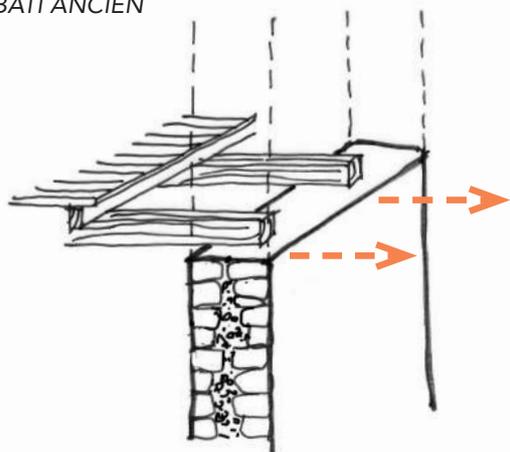
Les techniques de construction des années 1948-1990 ont créé des ponts thermiques linéaires importants par les planchers béton. La seule technique efficace pour y remédier est la réalisation d'une isolation par l'extérieur.

Enjeu patrimonial

Les ponts thermiques ont une incidence sur l'état sanitaire du bâti (condensation, humidité), donc sur sa pérennité.

130

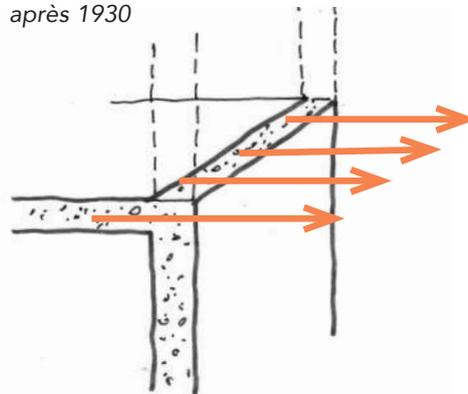
BÂTI ANCIEN



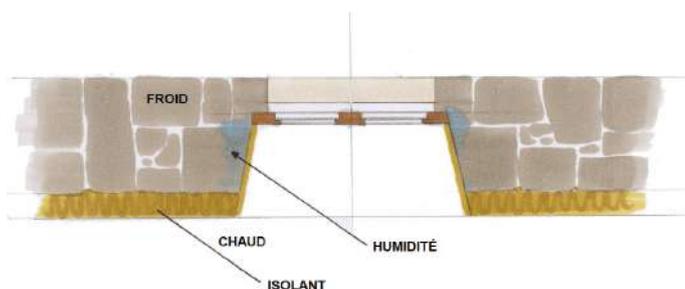
Murs épais en pierre et mortier de chaux, structure du plancher en poutres bois = ponts thermiques ponctuels et limités par le matériau bois.

BÂTI MODERNE

après 1930



Murs minces en béton, plancher béton = ponts thermiques linéaires importants.



Le pont thermique par défaut d'isolant dans l'ébrasement peut engendrer de la condensation, générateur d'humidité. Source Fiches ATHEBA

Isolation du plancher du rez-de-chaussée : si possible

L'isolation du plancher du rez-de-chaussée représente un gain important en termes de confort et d'économie de chauffage.

Si l'habitation possède un sous-sol, ou un vide sanitaire accessible, elle est simple à réaliser en sous-face du plancher.

Si le sous-sol est une cave voûtée, il faut rechercher la possibilité d'isoler le plancher du rez-de-chaussée par le dessus.

Dans tous les cas, et y compris en l'absence d'isolation, la ventilation du sous-sol doit être maintenue de manière à éviter un excès d'humidité qui pourrait affecter la structure et la salubrité du rez-de-chaussée.

Enjeu patrimonial de l'isolation du plancher bas :

Les grilles ou tôles perforées anciennes des soupiroux du bâti d'intérêt patrimonial doivent être conservées ou recrées.

La ventilation : indispensable pour éviter les désordres

L'air d'un logement doit être renouvelé en permanence, pour fournir l'oxygène nécessaire aux habitants et aux éventuels appareils à combustion (attention aux émanations de monoxyde de carbone, gaz mortel), pour éliminer les polluants, l'excès d'humidité (produits par la cuisson, la toilette et la respiration des occupants) et les odeurs.

Les travaux d'isolation thermique, en particulier lorsque les fenêtres sont changées, ont pour effet de diminuer sensiblement les échanges d'air avec l'extérieur.

La mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée dite VMC devient alors impérative, faute de quoi des désordres dus à l'excès d'humidité apparaissent :

- condensation et moisissures entraînant dégradations des matériaux, installations de champignons, problèmes de santé
- difficulté à chauffer l'air saturé d'humidité entraînant une consommation d'énergie plus importante car il faut chauffer l'eau en suspension dans l'air,
- sensation d'inconfort.

Dans le bâti ancien, une VMC simple flux est généralement suffisante.

La VMC double flux qui réchauffe l'air entrant grâce aux calories de l'air extrait doit s'accompagner d'une étanchéité parfaite à l'air délicate à mettre en œuvre, faute de quoi elle fonctionne mal et à coût élevé.

De nouveaux appareils double flux dits «décentralisés», installés dans les murs extérieurs des pièces assurent soufflage et extraction simultanément ou alternativement :

Enjeu patrimonial de la ventilation

Les bouches de ventilation à installer en façade peuvent être difficiles à intégrer.

Le chauffage : amélioration de l'efficacité & réduction des dépenses

Une étude thermique est nécessaire pour :

- prendre en compte les données propres à chaque construction : matériaux, orientation, inertie, etc.
- déterminer les besoins,
- approcher les solutions afin d'arbitrer entre économies d'énergie primaire, utilisation d'énergies renouvelables, confort, équilibre coût/investissement, etc.

Chaudière à ventouse :

Un conduit unique à double paroi sert aussi bien pour l'introduction de l'air extérieur nécessaire à la combustion que pour l'évacuation des gaz de combustion.

Etanche, une chaudière à ventouse améliore la sécurité et réduit de 4 à 5 % la consommation par rapport à celle qui n'en est pas dotée. La ventouse existe pour tous types de chaudières au gaz ou au fioul : basse température, à condensation ou standard.

Elle peut être installée dans un espace non ventilé.

- à ventouse horizontale : elle nécessite d'être adossée à une paroi extérieure pour sortir la ventouse.
- à ventouse verticale : le conduit sortira de préférence en toiture en utilisant un ancien conduit de cheminée, ou à défaut dans un conduit créé.

Chaudière basse température :

Elle est conçue pour délivrer une eau entre 40 et 50°C, et consomme de 12 à 15% d'énergie en moins qu'une chaudière standard moderne. Elle est adaptée aux installations de type plancher chauffant ou radiateurs à «chaleur douce». Rendement environ 95%.

Chaudière à condensation :

Egalement basse température, la chaudière à condensation récupère en plus de l'énergie en condensant la vapeur d'eau des gaz de combustion > rendement environ 109%.

Pompe à chaleur : voir le chapitre aérothermie

Enjeu patrimonial des équipements techniques de chauffage

Ventouse des chaudières :

- ventouse en façade : attention à coordonner la position dans la façade avec l'ordonnancement de celle-ci pour ne pas dégrader la qualité patrimoniale du bâti.
- ventouse verticale : attention à la position et aux matériaux du conduit neuf.

Pompe à chaleur : voir le chapitre aérothermie

Energie solaire

Transfert passif par les fenêtres
Capteurs solaires thermiques
Electricité photovoltaïque

Energie hydraulique

Petites centrales hydrauliques au fil de l'eau

Aérothermie

Extraction de calories de l'air utilisées pour le chauffage et la production d'eau chaude

Géothermie

Exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol pour la production de chaleur

Energie éolienne

Petit éolien individuel

|133

Biomasse

Bois, déchets forestiers et agricoles

Chacune des 6 familles d'énergies renouvelables est examinée ci-après au regard des enjeux d'intégration dans le bâti et le tissu urbain patrimonial de Pithiviers.

Cette analyse est un préalable à l'élaboration des règles d'intégration des équipements, adaptées aux différents secteurs de l'AVAP

Energie solaire

Gratuite et renouvelable, l'énergie solaire peut être récupérée selon 3 modes :

1- le transfert direct de la chaleur du soleil, dit énergie solaire passive, par les fenêtres

Ce mode d'utilisation de la chaleur solaire est la base du chauffage d'une maison solaire passive de type «Passivhaus», label allemand, associée à une isolation renforcée et une ventilation contrôlée.

Le principe : la chaleur du soleil pénètre par les fenêtres à l'intérieur des pièces où elle est absorbée par les murs, les planchers et le mobilier qui la libèrent ensuite lentement. Les baies sont réduites à l'Est et à l'Ouest, et limitées au strict minimum ou évitées au Nord.

La récupération de l'énergie solaire passive met en jeu une conception initiale du bâtiment adaptée.

134

2 - la production de chaleur pour le chauffage ou l'eau chaude sanitaire par des capteurs solaires thermiques

Le soleil chauffe le fluide du capteur, qui lui-même chauffe l'eau d'un ballon grâce à un échangeur thermique. Le ballon peut servir pour l'eau chaude sanitaire (ECS), on nomme alors l'installation Chauffe Eau Solaire Individuel (CESI), ou pour le chauffage combiné avec l'ECS, on parle dans ce cas de Système Solaire Combiné (SSC).

Pour le dimensionnement d'un CESI, il faut compter en moyenne 1m² de capteur pour un peu plus d'une personne. L'installation pourra couvrir 30% des besoins en eau chaude en hiver et jusqu'à 100% durant les beaux jours d'été. Une résistance électrique dans le ballon de stockage d'ECS est nécessaire pour pallier les manques de soleil.

Pour assurer également le chauffage, la surface de capteurs nécessaire est plus importante que pour le chauffe-eau. seul.

3 - la production d'électricité par des panneaux solaires photovoltaïques

Le principe de fonctionnement des panneaux photovoltaïques (PV) est plus compliqué que celui des capteurs solaires thermiques.

Le capteur produit un courant continu qui est transformé en courant alternatif par le biais d'un onduleur pour être compatible avec le réseau électrique.

Les techniques de stockage de l'électricité produite sont en évolution constante.

Pour la production d'électricité photovoltaïque, la moyenne annuelle de 1m² de panneau solaire étant de 100 kWh, la surface de panneaux nécessaire est d'environ 35m² pour satisfaire aux besoins énergétiques hors chauffage d'une habitation (3.500 kWh par an selon l'ADEME).

L'énergie solaire à Pithiviers

Le Loiret montre un potentiel solaire de 1.220 kWh/m² à 1.350 kWh/m² par an environ (le potentiel solaire français est compris entre 950 kWh/m² et 1.650 kWh/m² par an selon les régions. Sources : Ademe et Hélioclim 1).

Le département, bien que moins favorisé que d'autres régions françaises, présente tout de même un potentiel de production d'énergie suffisant pour être exploité. L'installation de 15 à 20 % de surface de capteurs supplémentaires capte la même quantité d'énergie que dans le Sud de la France.



Les technologies évoluent rapidement et le coût des équipements diminue.

Exemple de capteurs solaires sur toiture tuile.



Exemple de capteurs solaires sur toiture ardoise, invisible sous les ardoises



Exemple de capteurs solaires intégrés sur une toiture en ardoise par la couleur, l'encastrement et la position.

L'énergie hydraulique : principes

Les moulins utilisent l'énergie hydraulique terrestre de longue date. A l'ère industrielle, l'énergie fournie par l'eau a été exploitée par les centrales hydro-électriques afin de produire de l'électricité.

A la différence d'un grand barrage hydro-électrique, les petites centrales d'une puissance inférieure à 10 MW produisent de l'électricité à l'échelle d'un particulier, d'une entreprise ou d'une collectivité. De la plus puissante à la moins puissante, on distingue :

- la petite centrale hydraulique (de 0,5 à 10 mégawatts),
- la micro-centrale (de 20 à 500 kW),
- la pico-centrale (moins de 20 kW).

Une petite centrale hydro-électrique peut être installée sur un cours d'eau dont le débit et la hauteur de chute de l'eau sont suffisants avec une retenue d'eau limitée pour garantir le niveau d'eau constant.

Dans ce type de centrale appelée « au fil de l'eau » le débit du cours d'eau passe dans la turbine en continu. L'installation comprend nécessairement une passe à poissons et un canal de fuite. Une technologie de centrale « à tourbillon » qui autorise le passage des poissons, est actuellement en développement.



L'énergie hydraulique à Pithiviers

Les moulins à eau s'étagaient autrefois tout au long des cours de l'Œuf et de l'Essonne, tous les kilomètres environ. Les archives en font mention dès le XV^e siècle et surtout à partir du XVII^e siècle.

Toutefois, les réglementations actuelles très contraignantes en matière d'environnement naturel pour la gestion des cours d'eau rendent difficile d'envisager l'installation de petites centrales hydroélectriques.

La mise au point de technologies hydrauliques compatibles avec la protection de la faune aquatique devrait permettre de développer cette filière d'énergie renouvelable dans un avenir proche.

Une centrale hydraulique à tourbillons est respectueuse de la nature et des animaux. La vitesse réduite de la turbine, et l'absence de cavitation permet de faire passer les poissons à travers la turbine, sans danger, alors que les centrales hydrauliques traditionnelles nécessitent une échelle à poissons. La centrale hydraulique à tourbillons assure une aération intensive de l'eau, ce qui en fait un milieu idéal pour les plantes aquatiques, les microbes et les poissons. Elle fonctionne dès une hauteur de chute de 0,7 mètre et une quantité d'eau moyenne de 1000 litres par seconde. L'eau s'écoule dans un canal d'amenée vers un bassin de rotation circulaire et atterrit au fond du bassin dans un mouvement de rotation via un déversoir central. Un tourbillon se crée au-dessus du déversoir qui remue un rotor tournant lentement, à raison de 20 tours par minute, à l'aide de la pesanteur et respectivement du dénivelé. Un générateur ainsi actionné produit à son tour le courant vert et alimente le réseau.

source : Réseau international d'accès aux énergies durables RIAED, <http://www.riaed.net>, Objectif Eko, Le Guide de la Construction et de Rénovation Ecologique, <http://www.objectif-eco-habitat.com>, Association Le Réveil des Moulins, <http://www.moulineau.org>, Syndicat mixte pour l'aménagement et l'entretien de la rivière Juine et de ses affluents, <http://siarja.fr/>

L'aérothermie : principes

L'énergie aérothermique est contenue dans l'air extérieur. Une pompe à chaleur, ou « PAC aérothermique sur air extérieur », utilise 4 fois moins d'électricité qu'une installation de chauffage électrique «classique». Elle extrait les calories de l'air pour chauffer l'eau de ballons tampons qui est envoyée :

- dans un système AIR-EAU : vers un réseau de chauffage central qui peut être préexistant ;
- dans un système AIR-AIR : vers des unités de soufflages alimentées en eau chaude.

L'installation d'un système de chauffage par PAC doit s'accompagner de travaux d'isolation de qualité.

Selon le type, la pompe à chaleur assure seule le chauffage et/ou l'eau chaude, ou vient en relais d'une installation existante.

136 Une étude de dimensionnement par un technicien indépendant de l'entreprise est nécessaire afin de s'assurer du rapport efficacité/coût optimal. Un choix non étayé peut conduire à la fois à l'inefficacité et à des coûts d'installation d'entretien excessifs.

L'aérothermie à Pithiviers

L'aérothermie est d'application large mais implique une attention particulière pour l'intégration des machines dans le bâti et le tissu urbain patrimonial.

La pose d'aérothermes sur les façades visibles de l'espace public ne peut pas être acceptée dans le périmètre de l'AVAP.

L'intégration en sous-sol, garage, annexe, comble, doit être recherchée.



Installation inappropriée de pompes à chaleur en façade (exemple hors région).

La géothermie : principes

La chaleur stockée dans le sol est captée puis valorisée pour le chauffage des bâtiments. A quelques mètres de profondeur, la température du sous-sol est de 10 à 14°C.

Deux technologies s'adressent aux applications courantes pour assurer le chauffage des locaux au moyen d'une pompe à chaleur :

- la géothermie très basse énergie s'applique aux nappes d'eau d'une profondeur inférieure à 100 m et de moins de 30°C de température et sert à chauffer (et éventuellement refroidir) une maison individuelle.
- la géothermie basse énergie et moyenne énergie exploite les températures situées entre 30°C et 90°C explore à 1.500 / 2.500 m de profondeur, idéales pour chauffer un groupe d'habitations, un quartier, des serres, sécher des produits agricoles, etc.

Les pompes à chaleur géothermiques consomment peu d'énergie. Elles produisent de 3 à 4 fois plus d'énergie thermique (chaleur) qu'elles ne consomment d'énergie électrique. Plus leur COP (Coefficient de performance qui classe le rendement) est grand, plus faible est la consommation d'électricité.

Il existe deux sortes de captage pour la géothermie très basse énergie (maisons individuelles) :

- sur sol pour récupérer les calories soit par sondes verticales (jusqu'à 100m de profondeur), soit par capteurs horizontaux enterrés à moins de 10m de profondeur ;
- sur nappe phréatique peu profonde : les calories contenues dans l'eau sont extraites par la pompe à chaleur. Cette technologie impose de faire des essais de pression de la nappe phréatique, et en cas de pression suffisante, d'obtenir l'autorisation (mairie, DRIEE) d'utiliser une ressource souterraine.

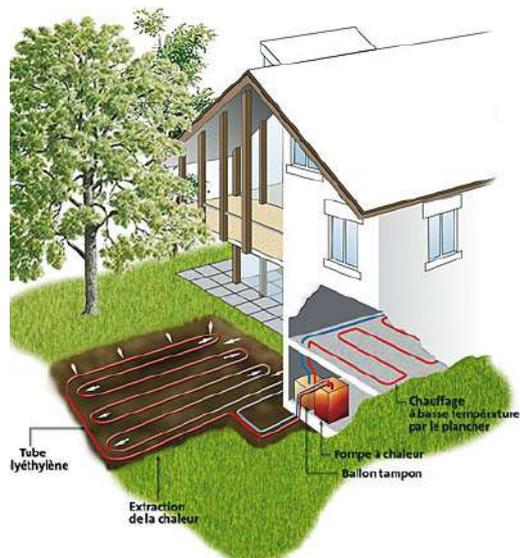
La géothermie à Pithiviers

La géothermie sur capteurs horizontaux ou sur nappe phréatique n'a pas d'impact sur le patrimoine bâti et urbain. Il convient néanmoins de ne pas abattre d'arbres remarquables pour installer des capteurs horizontaux.

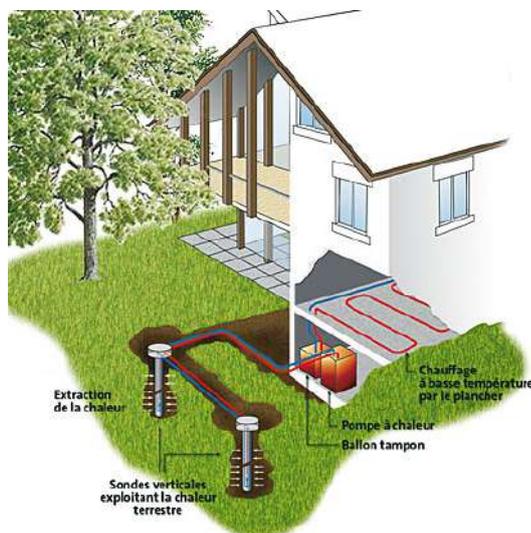
L'agglomération de Pithiviers est identifiée comme ayant un potentiel fort pour la géothermie sur nappe phréatique. La technique est encadrée par le Code minier (forage), le Code de l'environnement (procédure loi sur l'eau) et les décrets qui leur sont liés.

137

Géothermie par capteurs horizontaux



Géothermie sur nappe phréatique



<http://www.essonne.fr/cadre-de-vie/environnement/energie/les-energies-renouvelables>

Energie éolienne

Energie éolienne : principes

Les éoliennes domestiques de petites et moyenne puissance (inférieure à 36 kW) fonctionnent sur le même principe que les grandes. Seule la taille change et avec elle la capacité d'insertion dans le paysage, la quantité d'électricité produite et la réglementation qui leur est applicable.

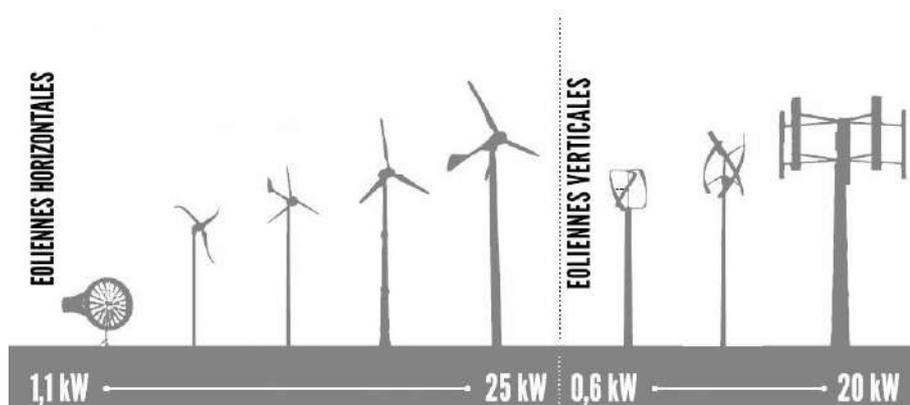
La norme internationale (CEI 61 400-2) définit les éoliennes en fonction de la vitesse de vent qu'elles sont capables de supporter : de classe A pour des vents forts, de classe B seulement pour des vents faibles.

Le bruit émis par les éoliennes domestiques est généralement inférieur à 40 décibels, Il est nécessaire de veiller à ne pas gêner le voisinage. Une interférence avec les ondes télévision et radio peut se produire avec des pales métalliques.

138

L'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) déconseille l'installation d'une éolienne domestique avec des vents de moins de 20 km/h de moyenne annuelle (soit 5,5 m / sec).

Il est indispensable de faire étudier la ressource de vent local par un professionnel indépendant du fournisseur, qui s'appuiera sur les données météorologiques et de mesures sur site : la force, la fréquence et la régularité des vents sont des facteurs essentiels pour l'exploitation de la ressource éolienne, quelle que soit la taille et la forme de l'éolienne.



source Windeo

L'énergie éolienne dans l'AVAP de Pithiviers

Le site de Pithiviers, dont l'église est un point focal majeur, est particulièrement sensible aux vues.

L'implantation d'éoliennes domestiques est inadaptée dans le périmètre de l'AVAP.



Pithiviers vue depuis Bondaroy : l'église Saint-Salomon-et-Saint-Grégoire domine seule le paysage.

photo M. Giguet - Panoramio



Éolienne à axe vertical, couplée à un panneau photovoltaïque pour l'éclairage public.

source UGE

La biomasse : principes

La biomasse est historiquement la première source d'énergie utilisée par l'homme pour se chauffer et cuire ses aliments.

Les filières biomasse énergie proviennent du bois, de la paille, des cultures énergétiques, du biogaz, etc. Elles valorisent les fractions biodégradables des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, de la sylviculture et des industries connexes ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

La biomasse, ressource disponible sur l'ensemble du territoire, est la première source d'énergie dite renouvelable produite en France, devant les énergies hydraulique, éolienne et géothermique.

La matière organique devient source d'énergie par combustion (ex : bois énergie), après méthanisation (biogaz) ou après une nouvelle transformation chimique (agrocarburant).

La biomasse pourrait couvrir jusqu'à 16% des besoins français d'électricité et de chaleur.

Les sources de biomasse

- **Le bois** : bûches, plaquettes (bois déchiqueté) et granulés sont les formes les plus courantes du bois énergie.

Un foyer ouvert ne diffuse au mieux que 50% du pouvoir calorifique du bois, tandis qu'un insert peut valoriser jusqu'à 75% de la chaleur produite.

Les granulés et le bois déchiqueté ont un rendement optimum en raison d'un pourcentage d'humidité faible. Ils sont utilisés dans des chaudières dont le rendement est similaire à une chaudière classique (gaz ou fioul à condensation).

Si le bois énergie présente des atouts indéniables en terme d'émissions de gaz à effet de serre, sa combustion génère des émissions atmosphériques : c'est pourquoi des valeurs-limite sont imposées par la réglementation.

Le label Flamme Verte vise à promouvoir des appareils de chauffage au bois performants, répondant à une charte exigeante en termes de rendement et d'émissions polluantes, sur la base de normes européennes.

- **Les sous-produits du bois** : déchets produits par l'exploitation forestière (branchage, écorces, sciures...), les scieries (sciures, plaquettes...), les industries de transformation du bois (menuiseries, fabricants de meubles, parquets), les fabricants de panneaux et emballages (par ex. palettes).
- **Les sous-produits de l'industrie** : boues issues de la pâte à papier, déchets des industries agro-alimentaires (graines de raisin et de café, pulpes...).
- **Les produits issus de l'agriculture** : céréales, oléagineux, résidus tels que la paille, copeaux de canne à sucre, nouvelles plantations à but énergétique (saules, tournesols, miscanthus, etc.).
- **Les déchets organiques** : déchets urbains comprenant les boues d'épuration, fraction fermentescible des déchets ménagers.

Le potentiel de biomasse à Pithiviers

Le territoire au cœur duquel se trouve Pithiviers est bien adapté à la valorisation des résidus de l'agriculture.

L'énergie issue de la biomasse peut être utilisée en remplacement d'une énergie fossile en tout ou partie :

- poêle à bois performant en relais d'une chaudière fioul ou gaz performante ;
- chaudière à biomasse solide en remplacement d'une chaudière fioul ou gaz obsolète ;

La nécessité d'installer un conduit d'évacuation des fumées peut avoir une incidence sur le bâti et le tissu patrimonial.

Exemple de conduit de fumée pour chaudière biomasse bois (hors région) source DINAK



♥ La configuration urbaine dense du centre favorise les économies de chauffage

La mitoyenneté des constructions des rues du centre limite les déperditions (surface restreinte de façades exposées au froid et au vent par rapport à des constructions détachées).

♥ Un bâti ancien de techniques traditionnelles majoritaire dans les secteurs concernés par l'AVAP

La majorité des constructions sont traditionnelles (+/- avant 1945) et présentent un bilan énergétique très favorable.

Les constructions de la période 1935-1985, de techniques «modernes» très énergivore, sont présentes dans les faubourgs et les cités-jardin.

♥ Une capacité réelle à exploiter plusieurs types d'énergies renouvelables

- géothermie
- biomasse
- aérothermie sous réserve de bien intégrer les pompes à chaleur
- solaire sous réserve d'implanter les capteurs de manière discrète

✘ Des atteintes au patrimoine lors de travaux d'isolation, mais plutôt limitées et réversibles

- changements de fenêtres inappropriés : simplification des formes, matériaux inappropriés, couleurs non ajustables, etc.
- mauvaise intégration des équipements techniques tels que pompes à chaleur, ventouses de chaudières, etc.

✘ Une sensibilité à l'emploi des techniques d'isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur ne peut être employée que dans certaines situations et sous certaines conditions.

Objectifs de l'AVAP / Énergies renouvelables

- 👁️ Permettre la rénovation énergétique du bâti dans le respect du patrimoine architectural et urbain.
- 👁️ Donner des règles simples pour l'intégration d'équipements techniques : ventouses des chaudières performantes, pompes à chaleur, panneaux solaires...

L'intégration des équipements techniques s'applique :
 - au patrimoine bâti repéré en priorité
 - au bâti «ordinaire» : il contribue à la qualité générale et ne doit pas avoir un impact dépréciatif sur le patrimoine qui lui est proche.