

# Agriculture & Environnement

Des pratiques clefs pour la préservation du climat, des sols et de l'air, et les économies d'énergie



ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie



## Maîtriser l'énergie en agriculture :

### UN OBJECTIF ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

- Bilan technique et environnemental
- État des lieux en France
- Principaux impacts environnementaux
- Le choix des agriculteurs
- Pour mémoire

## ■ L'ESSENTIEL

**Comme tout secteur économique, l'agriculture a besoin d'énergie pour développer la production de biomasse et améliorer sa productivité. L'enjeu climatique, le contexte politique avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et la hausse du coût des énergies poussent les exploitations à optimiser leur consommation énergétique pour aussi améliorer leur compétitivité.**

Dans le cadre du paquet « Énergie-climat », l'Union européenne s'est fixé des objectifs ambitieux pour 2030, en matière d'efficacité énergétique (30 %) et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (- 40 %). La part des énergies renouvelables dans le mix européen doit également atteindre 27 %. En France, la transition énergétique est inscrite dans la loi. Elle se fixe comme objectifs de réduire de 40 % les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2030, de réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 et de porter le rythme annuel de baisse de l'intensité énergétique finale à 2,5 % d'ici à 2030, de réduire la consommation énergétique finale des énergies fossiles de 30 % à l'horizon 2030. La part des énergies renouvelables devra être de 32 % de la consommation finale. L'agriculture, en développant l'agro-écologie, devra également

participer à l'atteinte de ces objectifs. Par sa faculté à gérer l'espace, l'agriculture offre des opportunités en matière de développement des productions électriques éolienne et photovoltaïque, notamment sur les bâtiments. Cependant, elle possède surtout la capacité de produire de l'énergie à partir de la biomasse, soit pour la combustion et la production de chaleur, soit par la méthanisation et la production de biogaz valorisable en électricité, chaleur et carburant. Néanmoins, la réduction des consommations énergétiques doit rester une priorité pour réduire la dépendance énergétique des exploitations agricoles et donc leur vulnérabilité à l'évolution des prix de l'énergie.

À noter : Ce document s'intéresse à la consommation de l'énergie directe, l'énergie indirecte étant traitée à travers les autres fiches (notamment la fertilisation azotée).



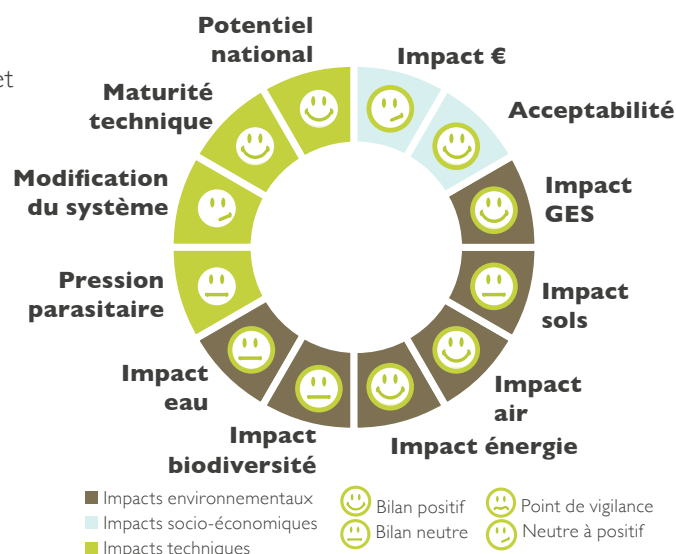
# BILAN TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

## IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

**Énergie :** La maîtrise de l'énergie en agriculture permet de diminuer le niveau des consommations énergétiques (carburant, électricité, gaz...) et ainsi la dépendance des exploitations aux énergies fossiles. Par exemple, une formation à l'écoconduite incite à réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 15 à 20 %.

**Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France :** La diminution de la consommation d'énergie fossile en agriculture engendre directement une diminution des émissions de dioxyde de carbone associées (CO<sub>2</sub>). Le potentiel d'atténuation d'un ensemble d'actions\* sur la maîtrise de l'énergie défini par Pellerin S. et al. (2013) est de l'ordre de 1,9 Mt équivalent CO<sub>2</sub>/an à l'horizon 2030.

**Qualité de l'air :** La diminution de la consommation de carburant et d'énergie fossile réduit les émissions de polluants atmosphériques associées, notamment les particules et les oxydes d'azote. Selon l'inventaire du Citepa, les engins agricoles sont en 2010 à l'origine de 6,6 % des émissions nationales de particules PM10, de 8,7 % d'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), de 2,9 % des composés organiques non volatils non méthaniques et de 2,1 % du monoxyde de carbone. Afin de respecter les objectifs internationaux, des seuils limites d'émissions ont été définis. Ils fixent des valeurs maximales pour chacune des substances polluantes en fonction de la puissance des moteurs.



## IMPACTS TECHNIQUES

De manière générale, les actions relatives à la maîtrise de l'énergie dans le secteur agricole n'induisent pas de changement du système. Toutefois, la substitution d'énergie fossile par des énergies renouvelables, comme la méthanisation, peut impacter fortement le système (cf. fiche *Gestion des déjections animales*).

## IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

### Baisse des charges associées aux consommations énergétiques

Les actions de maîtrise de l'énergie en agriculture présentent un gain économique, selon Pellerin S. et al. (2013), de l'ordre de 150 à 300 euros/t équivalent CO<sub>2</sub> évitée. L'installation d'équipements économes en énergie peut engendrer de lourds investissements. En raisonnant en coût global sur le long terme, les surcoûts d'investissements seront compensés par les économies sur la facture énergétique dans un contexte d'évolution des prix de l'énergie.

## POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT ET LIMITES

**Maturité technique :** De nombreuses solutions techniques et d'accompagnement existent.

\* L'ensemble des actions considérées dans cette étude est :  
 - bâtiments avicoles : échangeurs, aérothermes et radiants, isolation ;  
 - serres chauffées : écrans thermiques, ballon d'eau chaude ;  
 - tracteurs : banc d'essai, écoconduite.



## ■ ÉTAT DES LIEUX EN FRANCE

**D**epuis 40 ans, la consommation d'énergie directe de l'agriculture française augmente régulièrement. Elle est passée de 3,6 Mtep en 1970 à 4,4 Mtep en 2012. Cependant, sur ces dernières années (2005-2012), elle s'est stabilisée en moyenne à 4,4 millions de tep, soit à moins de 3 % de la consommation énergétique nationale. En 2012, les produits pétroliers représentent 78 % des consommations énergétiques. Ils servent de carburants pour les machines agricoles, pour chauffer les bâtiments d'élevage et les serres. L'électricité est la deuxième source d'énergie la plus consommée. Elle est essentiellement utilisée au niveau des bâtiments d'élevage. Le gaz naturel représente 5 % des consommations ; il est utilisé pour le chauffage des serres et celui des bâtiments de granivores. La biomasse tend à se développer, notamment chez les serristes (18 % du parc).



La consommation en carburant des exploitations de grandes cultures pèse un quart du bilan total du secteur agricole pour cette ressource énergétique.

### Le carburant est l'énergie la plus consommée

Les grandes cultures et les pratiques agronomiques (travail du sol, semis, fertilisation, épandage de produits phytosanitaires) nécessitent des quantités importantes de carburant. Les exploitations en grandes cultures, à elles seules, absorbent un quart des consommations du secteur agricole.

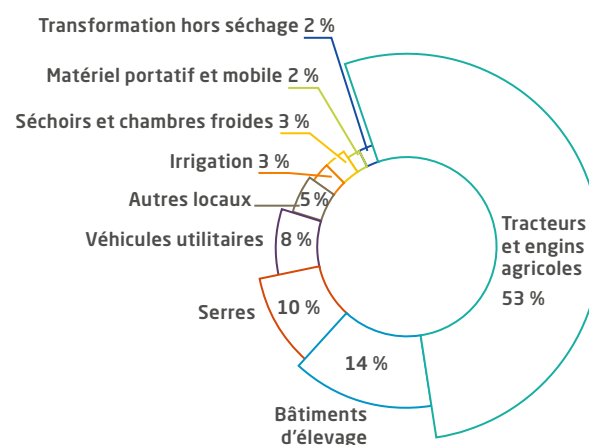
### L'énergie, poste de charge important des bâtiments d'élevage

Les bâtiments d'élevage consomment également de l'énergie. Les filières concernées sont essentiellement les filières d'élevage hors-sol de granivores (porcs, volailles) et de veaux de boucherie.

- **En élevage porcin**, les consommations d'énergie varient beaucoup selon le type d'élevage, naisseur ou naisseur-engraisseur. Une truie nécessite 983 kWh/an chez le naisseur-engraisseur, alors que chez un naisseur, elle n'exige que 403 kWh/an. La consommation d'énergie totale dans les élevages de porcs est de 1,2 TWh. Il s'agit à 70 % d'électricité, utilisée pour les besoins de chauffage (46 %) et de ventilation (39 %). La consommation énergétique peut varier de 1 à 3 entre les élevages les plus économes et les plus gourmands. Il existe donc de réelles potentialités en termes d'économie d'énergie.

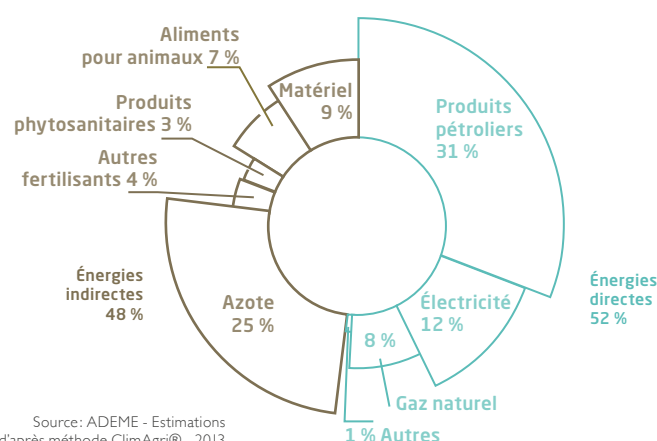
- **En aviculture**, l'élevage de volaille de chair se place en tête, avec 108 kWh/m<sup>2</sup>/an ou 0,52 kWh/kg vif. Avec 85 % des consommations, le chauffage est de loin le premier poste. L'énergie utilisée est essentiellement du gaz à 80 %, l'électricité représentant 13 % des consommations.

### ■ CONSOMMATION D'ÉNERGIE DIRECTE PAR USAGE (2011)



Source: Agreste, 2014

### ■ RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE PRIMAIRE DIRECTES ET INDIRECTES DE L'AGRICULTURE (FRANCE MÉTROPOLITAINE 2010)



Source: ADEME - Estimations d'après méthode ClimAgri® - 2013





Le bloc traite est le premier poste de consommation d'électricité en élevage laitier.

• **En élevage de veaux de boucherie**, la consommation d'énergie directe d'un veau de boucherie produit en une vingtaine de semaines s'élève en moyenne à 152 kWh. Elle concerne essentiellement le gaz pour la production d'eau chaude (71 %) et l'électricité pour la ventilation du bâtiment. 80 % des élevages utilisent du propane pour chauffer l'eau nécessaire à la préparation du lait. La température de préparation est primordiale.

• **En élevage laitier**, le bloc traite (tank, chauffe-eau, pompe à vide) est le premier poste de consommation d'électricité, avec en moyenne 85 % sur un total de 400 à 500 kWh/vache/an, dont la moitié pour refroidir le lait.

### En agriculture, le secteur des serres maraîchères et horticoles est le plus dépendant de l'énergie

En 2005, la filière des serres maraîchères, essentiellement pour la production de tomates et de concombres, consommait 4,1 TWh pour 1 265 ha de serres. Entre 2005 et 2011, les consommations énergétiques ont diminué de 7 %, passant de 320 kWh/m<sup>2</sup> à 297 kWh/m<sup>2</sup>. La filière horticole, en 2005, consommait 2 TWh, soit 160 kWh/m<sup>2</sup> pour 1 300 ha de serres. Ces consommations sont très variables selon les types de productions, les exploitations et les régions. Économiquement, le coût relatif à l'énergie totale (directe et indirecte) représente 10 % à 16 % des charges totales des exploitations orientées en horticulture et maraîchage et de 16 à 25 % des charges variables.

### Le séchage des récoltes : consommateur de fioul

**Le séchage des grains** en France consomme 240 ktep d'énergie (ADEME, 2007). Le séchage à la ferme en capte 20 %. Une grande partie des séchoirs agricoles fonctionne toujours au fioul. Leur consommation thermique spécifique avait été estimée en moyenne à 1 268 kWh/tonne d'eau évaporée. **La consommation d'énergie pour les séchoirs de fourrage** est estimée à environ 150 GWh par an, dont 50 GWh d'électricité. En 2011, 2 000 à 3 000 séchoirs en vrac et environ 150 à 200 séchoirs de balles rondes étaient recensés.

## Focus

### ■ AMÉLIORATION DES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

Grâce notamment au dispositif des Certificats d'économie d'énergie et des différents plans de soutien à l'investissement, les systèmes performants se diffusent de plus en plus.

#### Bâtiments avicoles :

20 % des élevages sont déjà dotés d'échangeurs de chaleur, ou d'équipements de chauffage de nouvelle génération, ou sont isolés en 2012.

#### Serres chauffées :

- 62 % des surfaces de serres maraîchères et 35 % des surfaces de serres en horticulture sont équipées d'un simple écran mobile en toiture en 2013. Seulement quelques serres sont équipées d'un double écran mobile sur la toiture en 2014 ;
- 83 % des surfaces de serres maraîchères sont équipées en ballon d'eau chaude dont 62 % en « Open Buffer ». En 2007, 7 % des surfaces de serres horticoles possédaient un dispositif de stockage d'eau chaude.

#### Tracteurs :

5 % des tracteurs sont déjà passés au banc d'essai en 2010 et pour 5 % des engins, l'écoconduite est appliquée.

### Perspectives de développement en changement climatique

Les conditions climatiques à l'intérieur des bâtiments d'élevage ou des serres sont très dépendantes des conditions climatiques extérieures. Les demandes de chauffage sont moindres quand les températures extérieures sont plus clémentes. De même, les besoins de rafraîchissement seront plus importants lors des périodes de fortes températures. L'intégration de la gestion des températures par rapport aux besoins des animaux et des plantes offre des perspectives d'innovations pour une meilleure gestion des consommations énergétiques.



## ■ PRINCIPAUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Pour chaque système de production, nombre de leviers existent afin d'améliorer le bilan énergétique de l'exploitation et atténuer les émissions de GES. Le plan pour la compétitivité et l'adaptation des exploitations agricoles et la mise en place des Certificats d'économie d'énergie\* sont des solutions pour soutenir les investissements. L'installation d'équipements pour produire de l'énergie renouvelable nécessite une analyse technico-économique bien détaillée, afin de maîtriser l'investissement et les impacts sur le fonctionnement de l'entreprise.

### □ IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POSITIFS



**Consommation d'énergie et gaz à effet de serre :** À l'échelle nationale, le potentiel d'économie le plus important se situe au niveau de la réduction du travail du sol.

- La maîtrise d'énergie permet la réduction du niveau de consommation énergétique.
- Des actions sont possibles pour substituer des énergies fossiles non renouvelables (fioul, gaz...) par des énergies renouvelables (bois, méthanisation, solaire).

Par un ensemble d'actions portant sur les bâtiments d'élevage, les serres chauffées et les tracteurs, Pellerin S. et al. (2013) ont évalué un potentiel d'atténuation des émissions de GES de l'ordre de 1,9 Mt équivalent CO<sub>2</sub>/an à l'horizon 2030.



**Qualité de l'air :** La combustion d'énergie fossile dans les moteurs et les chaudières émet des polluants atmosphériques. Comme tout engin motorisé, les tracteurs émettent des particules et des oxydes d'azote issus de la combustion du carburant. La diminution de la consommation de carburant participera à la réduction de ces polluants. Les objectifs internationaux sur la qualité de l'air fixent des valeurs maximales en fonction de la puissance des tracteurs ; à partir de 2015, aucun tracteur commercialisé ne pourra émettre plus de 0,4 g/kW de NO<sub>x</sub>, 0,19 g/kW d'hydrocarbures imbrûlés, 5 g/kW de CO<sub>2</sub> et 0,025 g/kW de particules fines.

### □ LIMITES ET PRÉCAUTIONS

- La gestion des productions animales en bâtiment et végétales sous serre nécessite une certaine vigilance quant à la conduite des installations. Une surisolation des bâtiments peut nécessiter une meilleure ventilation, entraînant une augmentation des consommations électriques. De même, en culture végétale sous serre, les risques liés à la gestion de la température et de l'humidité peuvent provoquer des problèmes sanitaires sur les cultures.
- Si certaines actions ont des coûts d'investissement très limités comme le réglage des moteurs ou l'écoconduite, certains nécessitent des investissements importants sur les bâtiments ou les serres.

😊 Bilan positif 😊 Bilan neutre 😊 Point de vigilance 😊 Neutre à positif

## ■ Questions-réponses

### ▷ Comment agir au niveau des engins agricoles ?

Pour réduire les consommations de carburant, plusieurs leviers d'actions existent :

#### ① La modification du système de l'exploitation

- **Mettre en œuvre des techniques culturales simplifiées** réduit de manière très importante les consommations de carburant, de 20 à 40 %, selon Pellerin et al. 2013. Néanmoins, leur mise en application est à étudier dans

le cadre du système de production dans son ensemble (cf. document sur les techniques culturales simplifiées).

- **Adapter la distribution des cultures** sur le parcellaire pour limiter les déplacements des tracteurs.

#### ② Diagnostiquer au banc d'essai et régler le moteur

Le contrôle permet de connaître les performances du tracteur, de détecter les anomalies de fonctionnement lors du réglage de la pompe à injection, de l'entretien courant

\*La liste des actions et équipements éligibles aux certificats d'économie d'énergie est disponible sur le site du ministère en charge de l'écologie et du développement durable.



(filtres), des réparations (injecteurs). Il permet également d'être conseillé et d'échanger avec l'opérateur sur les améliorations à apporter, l'utilisation des équipements, les bonnes règles d'entretien, le choix des lubrifiants, les moyens d'économiser le carburant. Suite à un contrôle au banc d'essai et une conduite adaptée, le réglage peut engendrer une économie de 1,5 l/h de fioul, soit 400 à 500 €/an.

### ③ Optimiser l'utilisation des machines

#### • En se formant à la conduite économique

Le suivi d'une formation à la conduite économique et l'optimisation de l'utilisation de son tracteur permettent des baisses de consommation de carburant de l'ordre de 15 à 20 %.

#### • En adaptant ses pratiques

- La climatisation engendre 20 à 35 % de surconsommation de carburant. La climatisation évaporative sans compresseur ni gaz frigorigène est à privilégier.
- Le fait d'attendre deux heures après un approvisionnement de carburant et de ne pas attendre d'être en fond de cuve pour réapprovisionner permet de préserver le moteur du tracteur.
- Le lestage doit être adapté. Il doit rester dans des valeurs entre 40 et 50 kg/CV pour des travaux de traction réalisés à une vitesse de 4 à 8 km/h. Sur les routes, les masses de lest inutiles doivent être enlevées.
- L'utilisation de grands outils augmente l'efficacité et diminue la consommation d'énergie directe et indirecte.

### ④ Entretenir sa machine

• **Les lubrifiants « économiseurs d'énergie »** doivent être privilégiés. Plus fluides, leur brassage génère moins d'effort. Il est également possible d'utiliser des additifs qui diminuent la friction entre les pièces en mouvement. L'utilisation d'huile de transmission avec un indice de viscosité à froid adapté évite les pertes internes.

• **L'entretien du moteur** est un paramètre important pour optimiser la consommation de carburant : le nettoyage et le remplacement régulier des filtres à air, le contrôle des injecteurs et le réglage des soupapes selon les préconisations du constructeur, la vérification de la pression des pneus afin d'améliorer la traction et réduire la résistance au roulement. L'affûtage des pièces coupantes et le graissage régulier des parties mobiles en suivant les préconisations des constructeurs apportent également quelques économies. L'utilisation d'un **carburant de haute performance** (indice de cétane plus élevé) garantit un meilleur fonctionnement du moteur.

### ⑤ Bien choisir son matériel

#### • Le tracteur

Il a été démontré, lors d'un bilan des 7500 premiers tracteurs testés entre 1995 et 2006 sur banc d'essai, que 40 % des tracteurs étaient surpuissants. Au-delà d'une puissance mécanique de 2 CV/ha, les coûts de mécanisation s'envolent et les consommations de carburant aussi. Lors de l'achat, il est conseillé de vérifier la puissance réellement nécessaire, afin de ne pas utiliser des tracteurs surdimensionnés.

#### • Les options

Pour le choix du tracteur, les options « prise de force économique », « booster » ou encore « 40 km/h éco » doivent être privilégiées.



Le contrôle du tracteur est l'occasion de détecter les points d'amélioration pour réduire la consommation en carburant.

L'option « prise de force économique » peut être utilisée pour les travaux nécessitant peu de puissance (épandage d'engrais, pulvérisation). Cette option permet d'obtenir le régime de rotation souhaité pour un régime moteur plus faible.

Pour les travaux nécessitant des puissances importantes de manière ponctuelle, les tracteurs avec l'option « booster » (système électronique de surpuissance moteur) permettent d'ajouter 5 à 35 CV à la puissance du tracteur, sans surdimensionner pour autant l'ensemble du bloc transmission. Sur la route, l'option « 40 km/h économique » réduit jusqu'à 30 % la consommation, en particuliers lors des déplacements à vide.

Les transmissions à variation continue (TVC) adaptent instantanément le régime moteur en fonction de la charge à laquelle celui-ci est soumis, sans intervention du conducteur.

• **Le choix des pneus** permet également de réaliser une économie.



Plusieurs paramètres doivent entrer en considération : la surface de contact au sol, le taux de patinage et la résistance au roulement.

- **Les phares au xénon** sont à préférer aux phares halogènes. Ils produisent trois fois plus de lumière pour une consommation 10 fois moindre et une durée de vie 5 fois plus longue.

### ▷ Comment agir au niveau des bâtiments d'élevage ?

#### ① Améliorer les outils de production : isolation, étanchéité

**L'isolation limite les déperditions thermiques du bâtiment.** L'essentiel des pertes de chaleur se fait par la toiture. Il est donc prioritaire d'isoler les plafonds des bâtiments. L'âge du bâtiment affecte les performances énergétiques dues à la baisse de performance de l'isolation. En élevage porcin, il faut savoir qu'un centimètre d'isolant abaisse la consommation de chauffage de 10 %. Les pertes dues à une mauvaise étanchéité ne sont pas à négliger, surtout si le bâtiment est très exposé aux vents.

#### ② Optimiser les réglages et la bonne coordination du couple chauffage-ventilation

Dans les bâtiments d'élevage, **la ventilation peut être à l'origine de 70 à 80 % des pertes de chaleur.** La gestion de la ventilation doit se faire en étroite relation avec le chauffage. Une température de consigne de chauffage supérieure à une température de consigne de ventilation génère de fortes pertes de chaleur. L'air chaud est évacué vers l'ex-

térieur. La centralisation des fonctions de commande du chauffage et de la ventilation est une solution pour optimiser les consommations énergétiques.

#### ③ Entretien son matériel et choisir des équipements économes en énergie

• **L'entretien des équipements** génère des gains énergétiques non négligeables. Le dépoissierage régulier des appareils de chauffage garantit une meilleure efficacité énergétique. Concernant **l'optimisation des réglages des postes de chauffage et ventilation**, la vérification et le réétalonnage des capteurs de température et d'hygrométrie sont nécessaires. Les paramètres permettant une gestion optimale doivent être étudiés : plage de chauffage et de ventilation, décalage des consignes, débit minimum de ventilation... Les systèmes de variation électronique de vitesse (VEV) sur moteur asynchrone sont installés pour gérer la ventilation des bâtiments.

• **Pour l'élevage laitier, un prérefroidisseur peut générer 40 à 50 % d'économie d'électricité.** Placé entre la pompe à lait et le tank, il abaisse la température avant son arrivée dans le tank, en transférant les calories au moyen d'un échangeur de chaleur. Le récupérateur de chaleur recueille les calories de la consommation énergétique du tank à lait pour préchauffer l'eau, par un échangeur de chaleur placé sur le circuit du fluide frigorigène. Il apporte de 70 à 80 % d'économies sur le chauffage de l'eau.

#### ④ Récupérer la chaleur : échangeurs thermiques, pompes à chaleur

Le principe des échangeurs de chaleur air/air ou air/eau est de faire croiser, sans se mélanger, l'air frais provenant de l'extérieur et l'air vicié et chaud expulsé à l'extérieur du bâtiment. L'air frais récupère ainsi la chaleur de l'air extrait et arrive préchauffé à l'intérieur du bâtiment. Un échangeur permet une réduction des consommations énergétiques de 20 à 30 %.

#### ⑤ Investir dans les énergies renouvelables : méthanisation, chaudière à biomasse, solaire thermique

Quelle que soit l'énergie renouvelable étudiée, sa mise en place nécessite une analyse technico-économique détaillée, pour bien maîtriser les avantages et inconvénients (facilité de fonctionnement, temps de travail, disponibilité du combustible, place) de ce genre d'installation et prendre sa décision en connaissance de cause. L'étude des besoins permet de dimensionner au mieux les équipements.

Lorsque les besoins en eau chaude sont importants, la mise en place de **capteurs solaires** peut s'avérer intéressante. Notamment en veaux de boucherie, ils assurent un complément de chauffage à un système principal.

Celui-ci doit être souple d'utilisation, pour bénéficier au maximum des apports du système solaire. Pour un élevage de 200 places dans l'ouest de la France, 40 m<sup>2</sup> de capteurs



Les jeunes animaux, incapables d'assurer leur thermorégulation dans les premiers jours de vie, nécessitent des températures ambiantes élevées : 32 °C pour les poussins.



plans sont nécessaires. Ils couvrent 48 % des besoins d'eau chaude sur l'année en moyenne.

En valorisant les effluents d'élevage, **la méthanisation** procure de la chaleur à un moindre coût. Le biogaz produit peut être valorisé directement dans une chaudière, soit par cogénération en produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur, soit par injection dans le réseau de gaz naturel. L'utilisation de la chaleur issue de la cogénération permet de bénéficier d'une prime augmentant le tarif de rachat de l'électricité. La chaleur ainsi produite peut être utilisée pour chauffer les bâtiments d'élevage. Dans la majorité des cas, l'utilisation de l'énergie thermique couvre la totalité des besoins de chauffage des élevages. Une unité de méthanisation représente un investissement lourd et nécessite une réflexion approfondie sur son intégration sur l'exploitation en matière de gestion des effluents d'élevage, des intrants, du digestat, et du temps de travail.

**Les chaudières à biomasse** peuvent également être intéressantes pour réduire la facture énergétique de l'exploitation. Elles permettent d'avoir un combustible local, voire issu de l'entretien des haies de l'exploitation. Le prix du bois est plus stable dans le temps que celui des énergies fossiles, qui peut être soumis à d'importantes variations. Le chauffage au bois facilite la maîtrise des coûts.



Cette serre est équipée d'un réseau de chaleur au sol à partir de biomasse permettant de chauffer 25 000 m<sup>2</sup>.

## ► Comment agir au niveau des serres ?

### ① Réduire la consommation d'énergie

**L'âge moyen du parc français de serres est de 19 ans, et sa modernisation permettrait des économies d'énergie importantes.** Il existe en effet des matériaux de couvertures performants en matière d'isolation (EFTE, Lexan ZigZag...). Dans le cas de la construction de nouvelles serres, quelques règles favorisent une consommation énergétique optimale. Les différentes serres doivent être bâties les unes à proximité des autres, afin de limiter la surface des parois latérales en contact direct avec l'extérieur. L'isolation des fondations permet de réaliser de 3 à 6 % d'économies d'énergie. De nombreux procédés industriels génèrent de la chaleur fatale (eau chaude, vapeur...). Afin de profiter au maximum d'une source d'énergie au tarif souvent compétitif, il peut être intéressant de positionner les serres au plus près de ces sources de chaleur ou de se raccorder à des réseaux de chaleur déjà existants.

### ② Entretenir et améliorer la structure de la serre, notamment son isolation

Le remplacement des vitres cassées, la vérification de la bonne étanchéité des ouvrants et les joints de vitres de la

serre évitent des déperditions de chaleur. L'application d'un film spécial bloquant les infrarouges sur le côté interne des parois empêche qu'ils soient dissipés vers l'atmosphère. Couplées à un film anticondensation, ces protections réduisent de 10 à 20 % l'énergie utilisée pour le chauffage, tout en éliminant les problèmes de condensation.

**L'isolation de la serre** peut également être améliorée, par exemple par l'utilisation de plastiques à bulles, au niveau des parois les plus froides de la structure, notamment les parties les plus basses, du sol jusqu'à hauteur des tablettes. L'isolation des parois latérales se renforce grâce à la pose d'un film plastique. Des économies de l'ordre de 4 % sont alors réalisables. Avec le temps, le film se dégrade, il doit être changé régulièrement. De la même manière, des écrans thermiques mobiles automatisés déployés la nuit au-dessus des cultures pour limiter les échanges convectifs et radiatifs offrent, avec un pilotage optimal, 20 à 25 % d'économies d'énergie. L'implantation de **haies brise-vent** réduit également les pertes thermiques dues au vent au niveau des parois.

### ③ Optimiser la gestion climatique

Les études du CTIFL\* ont montré qu'une **réduction de la température de consigne de nuit** de 1 °C pouvait engendrer une économie d'énergie de 10 à 15 % par jour, et sans écran thermique. Le fonctionnement et le positionnement adéquat des sondes de température et d'hygrométrie doivent fournir au système de commande une vision représentative du climat de la serre. Des brasseurs d'air homogénéisent le climat. Cependant, une circulation d'air trop importante le long des parois froides favorise les pertes thermiques. Lorsque le type de cultures s'y prête, **l'installation d'un système d'apport de la chaleur au plus près des plantes**, au moyen de tuyaux parcourus d'eau tiède ou de gaines perforées pour de l'air chaud, permet de valoriser de l'eau à basse température. Le pilotage du climat de la serre (lumière,

\*Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes



température, hygrométrie,  $\text{CO}_2$ ...) est optimisé par un système informatique centralisé qui régule l'apport en chaleur, en froid, en humidité et dioxyde de carbone. Un tel système coûte environ 50 000 € et est généralement rentable à partir de 7 000 m<sup>2</sup> chauffés. La gestion informatique permet une économie d'énergie de 3 à 10 %.

Lorsque les espèces cultivées le permettent, l'intégration des températures consiste à **accepter des déviations de température passagères**, tant qu'elles sont compensées à une autre période (jour, semaine...), tout en restant proches des consignes optimales. L'organisation des productions selon leurs besoins permet de compartimenter la serre et de mettre en place une gestion plus fine du climat dans chaque compartiment.

#### 4 Améliorer le système de chauffage

Il est possible d'**améliorer la combustion** au sein des chaudières en ajustant la quantité d'air en excès en fonction de la composition gazeuse des fumées ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , CO) et du combustible utilisé. Dans ce cas, il faut installer des sondes  $\text{O}_2$  (dites lambda) dans le conduit d'évacuation des fumées, un variateur de vitesse sur le ventilateur, ainsi qu'un automate pilotant l'ensemble. Une combustion optimale permet de générer jusqu'à 5 % d'économies d'énergie.



Cette chaudière pour bois déchiqueté a une puissance de 3 000 kW (serres Merland - Ardèche).

La vérification suivie du réglage des paramètres de fonctionnement des chaudières par l'analyse de la composition des gaz d'échappement optimise le fonctionnement de la chaudière. De même, le contrôle régulier de la chaudière par un spécialiste apporte le maximum de garantie sur son bon fonctionnement. Le calorifugeage des canalisations qui acheminent la chaleur de la chaufferie aux serres évite les déperditions thermiques.

**Les chaudières les plus performantes, comme les chaudières à condensation, doivent être privilégiées.**

L'installation d'un système de récupération de la chaleur des fumées de combustion sur une chaudière existante offre la

possibilité d'augmenter le rendement de la chaudière. Pour les grandes unités de production, un groupe de cogénération peut se révéler intéressant, à la fois pour revendre l'électricité et pour bénéficier de la chaleur à moindre coût.

**Les ballons d'eau chaude, notamment de type « Open Buffer »,** répartissent la production d'eau chaude sur toute la journée. La chaudière fonctionne alors à son régime nominal. Les économies potentielles sont de l'ordre de 5 à 10 %, voire 7 à 15 % avec un système « Open Buffer » qui découple complètement la production de chaleur et la consommation durant la nuit où les besoins sont maximums.

#### 5 Investir dans les énergies renouvelables

La substitution d'énergie fossile par de la chaleur renouvelable est une piste de réduction de la facture énergétique de l'entreprise.

L'installation de **chaudières bois énergie** permet de gagner en compétitivité par rapport à l'augmentation du prix des énergies fossiles. Les pompes à chaleur de type eau/eau ou air/eau contribuent également à réduire sa facture énergétique.

Le développement des serres qualifiées capteurs d'énergie (serres plus autonomes en énergie utilisant l'excédent d'énergie solaire captée par la serre et stockée en aquifère) peut réduire considérablement la facture énergétique des exploitations maraîchères et horticoles. Ce système de stockage alimente un système de climatisation réversible.

#### ► Comment agir au niveau du séchage des grains et des fourrages ?

##### 1 Au séchage des grains

Les pistes d'actions pour la réduction des consommations sont :

##### Pour les séchoirs à colonnes

###### • Améliorer l'isolation

Le calorifugeage des conduits d'air chaud devrait être systématique.

###### • Utiliser la biomasse

L'utilisation du bois énergie, sous forme de plaquettes ou de granulés, dans les séchoirs conventionnels offre aussi des perspectives d'économies intéressantes. Les systèmes automatiques limitent les désagréments de manipulation et de stockage. Ils procurent également une certaine régularité dans la combustion. Néanmoins, une chaudière à biomasse ne permet pas d'atteindre la température habituelle de séchage sur les séchoirs à colonne, à savoir aux alentours de 100 °C. Pour cette raison, une alimentation hybride est recommandée avec une chaudière biomasse doublée d'un brûleur à gaz. La première permettra de préchauffer l'air extérieur à 70-80 °C et le brûleur gaz réchauffera jusqu'à la température escomptée, avec une finesse de régulation appréciable. La rentabilité d'un tel système nécessite cependant des aides financières.



- **Généraliser le séchage lent différé ou *dryeration* pour sécher le maïs.**

La méthode consiste à refroidir le grain non plus dans un séchoir, mais dans un ensemble de cellules équipées d'une ventilation spéciale. Selon Arvalis, cette technique favorise une économie de 15 à 40 % selon les performances du séchoir.

#### **Pour les séchoirs mobiles et les cellules sèches**

- **Générer l'air chaud à partir de biomasse**

La faible température de séchage autour de 50 °C est davantage compatible avec des chaudières de type biomasse que les séchoirs à colonne. La durée de séchage se situe autour de 5 jours, ce qui permet à la chaudière d'atteindre un régime établi. La régulation moins fine de la température sera peu nuisible à la qualité du grain, étant donnée la gamme de températures.

#### **② Au séchage du fourrage**

##### **Agir sur les pratiques et l'entretien**

- **Réduire la teneur en eau du fourrage à l'engrangement**  
La diminution de la teneur en eau à la récolte de 40 % à 35 % permet de réduire la quantité d'eau à enlever de 10 kg pour 100 kg de fourrages, soit 22 % d'eau en moins. La consommation d'énergie électrique peut être allégée dans les mêmes proportions, et le débit de séchage augmenté simultanément.

- **Arrêter la ventilation en fin de période**

##### **Modifier l'outil de production**

- **Ajouter un capteur solaire pour le séchage en vrac**

La mise en place d'un capteur solaire permet d'améliorer les capacités de séchage et la qualité des fourrages, tout en

réduisant la consommation d'électricité. L'énergie solaire récupérée est de 35 à 50 MWh/an et l'électricité économisée d'environ 6 600 kWh/an, soit 4 600 €HT/an.

- **Changer de ventilateur en cas de renouvellement ou modification du séchoir**

Il doit s'effectuer en s'équipant de moteurs à haute efficacité énergétique.

- **Mettre en place une variation électronique de vitesse (VEV) sur les moteurs électriques**

Cette installation régule le débit selon la pression aval du ventilateur, en stabilisant le débit d'air autour d'une valeur cible. L'appel de puissance sur le réseau et la consommation électrique en début de séchage sont réduits.

- **Améliorer le pilotage du séchoir et d'horloges manuelles en automatisant son fonctionnement à l'aide des sondes hygrométriques, le séchage n'étant efficace en fin de séchage qu'avec une hygrométrie relativement faible de l'air**

- **Chauffer au bois déchiqueté**

Le développement du chauffage bois permet d'envisager, par le séchage, la création d'un usage complémentaire de la chaufferie intéressant. En effet, la période de séchage, de mai à septembre, est décalée des besoins de chauffage de l'habitat ou des usages professionnels classiques (serres, bâtiments d'élevage). La difficulté réside dans l'adéquation de la puissance des différents usages. Pour le séchage des fourrages en vrac, la puissance moyenne est de l'ordre de 100 kW, et pour celui des balles rondes, de l'ordre de 150 à 200 kW.

- **Valoriser la chaleur issue d'une unité de méthanisation.**

## Focus



### ■ LES POLITIQUES PUBLIQUES DE SOUTIEN

Diverses politiques publiques contribuent au développement des actions de maîtrise de l'énergie dans le secteur agricole :

- **le plan de performance énergétique (2009-2013)** (<http://agriculture.gouv.fr/plan-performance-energetique-des>) dont la suite devrait s'inscrire dans le cadre des programmes de développement ruraux régionaux à venir, en lien avec le plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles ;
- **les certificats d'économie d'énergie** ([www.developpement-durable.gouv.fr/Certificats-d-economies-d-energie,188-.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Certificats-d-economies-d-energie,188-.html)) ;
- **le plan pour la compétitivité et l'adaptation des exploitations agricoles** (<http://agriculture.gouv.fr/plan-competitivite-adaptation-exploitations-agricoles-2014-2020>) ;
- **le plan énergie méthanisation autonomie azote** (<http://agriculture.gouv.fr/Plan-Energie-Methanisation>).



## ■ LE CHOIX DES AGRICULTEURS

Malgré des investissements parfois conséquents, les techniques d'optimisation de la performance énergétique des exploitations agricoles permettent une réduction des charges importante. Généralement, le taux de retour sur investissement est inférieur à 10 ans, voire à 5 ans pour les plus performantes d'entre elles.

### ■ Bilan socio-économique



#### **Maturité technique:**

Beaucoup de connaissances existent pour réduire les consommations énergétiques des exploitations agricoles. La diffusion de certaines technologies nécessite néanmoins de poursuivre les efforts de développement.



#### **Technicité:**

L'automatisme de certains systèmes facilite l'appropriation des nouveaux matériels.



#### **Modification du système:**

Hormis lors d'investissements conséquents (nouveaux bâtiments d'élevage, nouvelles serres), les actions de maîtrise de l'énergie ne nécessitent pas de modifications de système.



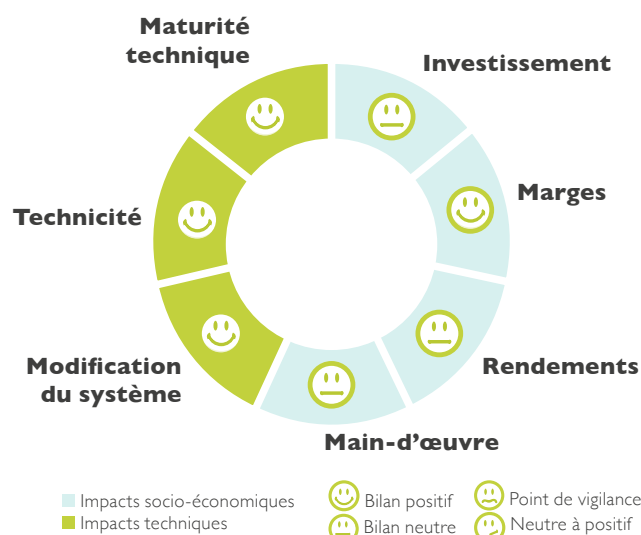
#### **Marges:**

En permettant des économies d'énergie, l'exploitant réduit ses coûts de production et améliore ses marges.



#### **Investissement:**

Certaines actions ont des coûts relativement faibles (formation à l'écoconduite, entretien et réglage du matériel). Certains investissements peuvent être élevés, mais beaucoup d'actions apportent un retour financier inférieur à 10 ans.





## ■ Retour d'expérience



Par Ariane Grisey du CTIFL -  
Centre technique au service de la  
filière fruits et légumes.

En France, la surface totale des serres maraîchères chauffées (tomate et concombre) est d'environ 1 054 ha. Le chauffage est le deuxième poste (de 25 à 40 % des charges) en termes de coût, après la main-d'œuvre. Par conséquent, il représente pour les serristes une préoccupation majeure, qui s'est accentuée avec la hausse du prix des combustibles et le contexte environnemental par rapport aux émissions de gaz à effet de serre. Le maintien de cette activité réside dans la mise au point d'un outil de production plus autonome sur le plan énergétique. Le projet Serre capteur d'énergie (2007-2012) porté par le CTIFL accompagné de neuf partenaires (Inra, BRGM, Aprel, BET Alain Montagut, Hoogendoorn, Eseta, CMF, EARL Loïc de Feraudy et la Coopérative agricole des serres de Haute Crau) a été labellisé par le PEIFL (Pôle

### Projet Serre capteur d'énergie pour optimiser l'outil de production

européen d'innovation des fruits et légumes) en 2006 et a bénéficié d'un soutien financier du fonds unique interministériel (FUI), de l'ADEME, de FranceAgriMer, du conseil régional Languedoc-Roussillon et du Feder. Les différentes solutions testées pour réduire les déperditions thermiques ont permis de réaliser une économie d'énergie de 12 à 40 %, avec un temps de retour sur investissement de 4 à 9 ans et une réduction des GES de 8 à 43 kg/m<sup>2</sup>, selon les hypothèses du projet.

#### ■ Les solutions testées pour réduire les déperditions thermiques dans les serres

- l'amélioration de l'isolation de la serre et le test d'un nouveau matériau de couverture ;
- l'amélioration de la gestion de l'hygrométrie de la serre, consommatrice d'énergie, par l'installation de déshumidificateurs industriels ;
- la mise au point d'échangeurs thermiques air/eau connectés à une pompe à chaleur et à un doublet de forage pour chauffer, refroidir et déshumidifier la serre ;
- le stockage de l'énergie récupérée par la serre en aquifère.



Michel Marcon,  
ingénieur  
bâtiment-énergie  
Ifip-Institut  
du porc.

## AVIS D'EXPERT

### Investir dans des solutions économes en énergie pour maintenir la compétitivité en élevage porcin

En élevage porcin, l'énergie consommée annuellement, à 90 % de l'électricité, représente près de 1 000 kWh/truie présente. Or, depuis les premiers travaux initiés par l'ADEME en 2007, les éleveurs ont pris conscience que la réduction des consommations d'énergie répondait au double enjeu économique et environnemental. Ainsi, l'énergie est dorénavant une préoccupation importante des éleveurs. Avec l'aide de la R&D et des pouvoirs publics, les équipementiers ont proposé de nombreuses solutions. Actuellement, plus de 50 % de la consommation d'un élevage peuvent être économisés par la mise en place d'une pompe à chaleur,

d'échangeurs air/air, de ventilateurs économes, de niches pour porcelets...

Des études récentes indiquent même que pour un surcoût du bâtiment compris entre 4 et 5,5 %, les économies d'énergie peuvent atteindre 70 % (soit 300 kWh/truie, contre 1 000 kWh). La nouvelle loi qui encadre le marché de l'électricité va conduire à l'augmentation du prix du kWh. Les éleveurs d'aujourd'hui, s'ils veulent maintenir leur compétitivité, doivent investir dans ces solutions économes. La plus prometteuse est actuellement l'« écoventilation » : de nouveaux ventilateurs réalisent 80 % d'économie d'énergie, y compris dans le cadre de la rénovation d'un bâtiment existant.



## ■ POUR ALLER PLUS LOIN

### Lien avec d'autres fiches références

#### Fiche **Techniques culturelles simplifiées** :

La mise en œuvre de ces pratiques permet de diminuer les consommations énergétiques des engins agricoles.

#### Fiche **Gestion des déjections animales** :

La méthanisation permet la production d'énergie renouvelable (le biométhane), qui vient en substitution d'énergie fossile non renouvelable.

#### Fiche **Optimisation de la fertilisation azotée** :

L'optimisation des quantités d'engrais azotés permet de réduire le niveau de consommation en engrais azotés minéraux, et donc de diminuer l'impact en termes de consommation d'énergie indirecte générée par la fabrication et le transport de ces intrants agricoles.

### Études clefs

**ADEME**, 2012, *Analyse économique de la dépendance de l'agriculture à l'énergie : évaluation, analyse rétrospective depuis 1990, scénarios d'évolution à 2020*, Icare, Céréopa, Angers.

**ADEME**, 2012, *La biomasse : la bonne énergie pour mes serres ?*, ADEME, CTIFL, Légumes de France, Astredhor, FNPHP, Paris, brochure, 15 p.

**ADEME**, 2011, *Utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des grains et des*

*fourrages, situation technico-économique du parc de séchoirs existant et leviers d'actions actuels et futurs : séchage des grains et semences*, Services Coop de France, Arvalis, Solagro, Angers, rapport, 103 p.

**ADEME**, 2011, *Utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des grains et des fourrages, situation technico-économique du parc de séchoirs existant et leviers d'actions actuels et futurs : séchage des fourrages*, Services Coop de France, Arvalis, Solagro, Angers, rapport, 55 p.

**ADEME**, 2007, *Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments d'élevage*, synthèse, Ifip, Itavi, Idele, chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, Angers, rapport, 81 p.

**Grisey A., Pommier F., Vésine E.**, 2007, *Utilisation rationnelle de l'énergie dans les serres, situation technico-économique en 2005 et leviers d'actions actuels et futurs*, ADEME, CTIFL, Astredhor, INH, Angers, rapport.

**Talpin J.**, 2010, *Économies d'énergie sur l'exploitation agricole*, ADEME, Guides France Agricole, Paris, livre, 391 p.

### Quelques organismes de référence

Instituts techniques agricoles : Idele, Ifip, Itavi, CTIFL, Arvalis  
APCA et chambres d'agriculture  
FN Cuma

AILE, Banc d'essai et de diagnostic de tracteurs  
FRCuma du Centre  
Services Coop de France

### Documents techniques

**Institut de l'élevage**, 2013, *Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBEC+) : solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans les bâtiments de ruminants*, Institut de l'élevage, Paris, brochure, 56 p.

**Institut de l'élevage**, 2009, *Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier : repères de consommations et pistes d'économies*, Institut de l'élevage, Paris, brochure, 31 p.

**Institut de l'élevage**, 2009, *Les consommations d'énergie dans les systèmes bovins laitiers : repères de consommation et pistes d'économies*, Institut de l'élevage, Paris, brochure, 31 p.

**Ifip – Institut du porc**, 2013, *Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBEC+) : solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans la filière porcine*, Paris, brochure, 66 p.

**Ifip – Institut du porc**, 2008, *Consommations d'énergie des bâtiments porcins : comment les réduire ?*, ADEME, Paris, brochure, 15 p.

**Itavi**, 2008, *Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles : quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration*, ADEME, Angers, brochure, 25 p.

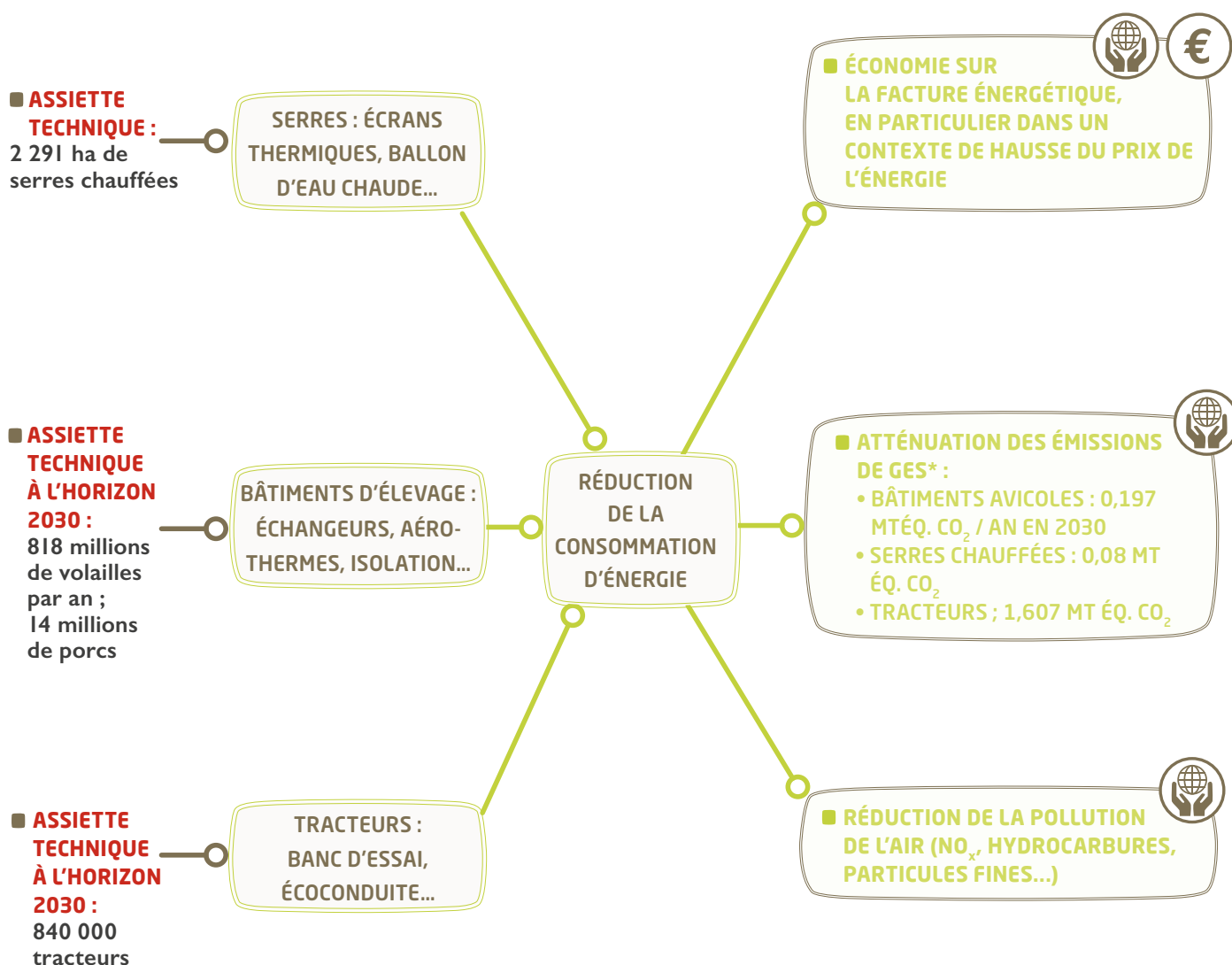


# ■ POUR MÉMOIRE

## Principaux effets des actions relatives à la maîtrise de l'énergie sur le plan environnemental

Maturité technique : oui

Acceptabilité : oui



\*Selon l'étude « Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre » (Pellerin S., 2013)

**Légendes:** Impacts environnementaux Impacts économiques  
 Point de vigilance

**Légendes:** Atténuation des émissions de GES Qualité de l'air  
 Économie et substitution d'énergie fossile

Ce document a été édité par l'ADEME

**Coordination technique:**  
Thomas Eglin, Audrey Trévisiol,  
ingénieurs en agronomie et environnement

**Rédaction:** Marc Bardinal et Alexia Tenaud  
**Service communication:** Sylvie Cogneau  
**Révision et conception graphique:** Terre-Écos

**Illustrations:** Gana Castagnon  
Autres fiches Références téléchargeables sur  
[www.ADEME.fr/mediatheque](http://www.ADEME.fr/mediatheque)  
ADEME - Grésillé - BP 90406 49004 Angers Cedex 01