

# L'industrie agroalimentaire

## Problématique

L'industrie agroalimentaire (IAA) est souvent définie comme l'ensemble des activités industrielles formelles transformatrices des matières premières, issues de l'agriculture ou de la pêche en produits finis prêts à la consommation. Elle occupe une place importante dans l'économie des pays en développement et il est attendu qu'elle prendra de l'ampleur sous l'effet des plans d'aménagement mettant l'accent sur le développement de l'agriculture, des infrastructures et de l'industrie manufacturière. Par exemple au Sénégal, l'IAA représente 34 % du chiffre d'affaires du secteur industriel, elle emploie environ 15 % de la population active et génère plus de 23 % de la valeur ajoutée brute, selon les données de la Banque mondiale. La contribution des IAA d'Afrique francophone au produit intérieur brut reste néanmoins encore faible, autour de 20 % en moyenne.

La croissance attendue de l'industrie agroalimentaire dans les pays en développement risque cependant d'être freinée par les difficultés d'avoir accès à une énergie de qualité et à prix concurrentiel. En effet, l'énergie constitue souvent le premier ou le second poste de dépenses des industries agroalimentaires, pouvant représenter jusqu'à 20 % du chiffre d'affaires.

Pour augmenter leur rentabilité, les IAA sont appelées à créer plus de valeur ajoutée avec moins de matières premières. À cette fin, elles doivent recourir à des technologies de transformation plus sophistiquées, mais aussi plus consommatrices d'énergie. Par exemple, la modernisation des unités de séchage de mangue avec des séchoirs ventilés modernes mixtes, fonctionnant à l'énergie solaire et au gaz, permet aux unités de production de proposer des produits de très haute qualité, de fonctionner toute l'année et de diversifier la gamme de produits séchés (noix de coco, tomate, papaye, herbes aromatiques, etc.). Autrement dit, l'énergie est un enjeu de compétitivité qu'il convient de maîtriser pour dynamiser et pérenniser les tissus industriels des pays en développement.

## Principes de base

Les IAA en Afrique subsaharienne regroupent principalement les industries de transformation des céréales (rizeries, farine, aliments de bétail), des fruits et légumes et des produits halieutiques; elles incluent aussi les industries de conserves de poisson, les industries laitières, les chaînes de transformation avicoles, les huileries, les industries de boissons. En parallèle des grandes unités industrielles historiques, on assiste à l'émergence d'un tissu industriel de plus en plus diversifié et composé de plus en plus de petites et moyennes entreprises, souvent positionnées sur des marchés de niche et visant l'exportation.

Les usages énergétiques des industries agroalimentaires sont variés (tableau 1). Ils incluent :

- L'électricité pour les moteurs électriques des divers broyeurs, moulins, ventilateurs, compresseurs d'air, transport, ensacheuses, etc.
- L'énergie thermique, notamment la chaleur, pour la pasteurisation, la cuisson ou encore le séchage ; le fluide caloporteur le plus utilisé est la vapeur produite par des chaudières utilisant des combustibles fossiles ou de la biomasse.
- Le froid pour les industries halieutiques, de boissons et laitières.

## Description technique

Plusieurs solutions techniques sont disponibles pour améliorer les performances énergétiques des IAA. Elles sont décrites ci-après.

### Optimisation des installations frigorifiques

Les installations frigorifiques sont généralement le premier poste de consommation d'électricité. Elles sont nécessaires à la conservation des produits dans les industries laitières et halieutiques.

L'efficacité des systèmes frigorifiques se mesure au moyen du coefficient de performance (COP) qui représente le rapport entre l'énergie frigorifique produite et l'énergie électrique consommée par le compresseur. Ce COP est généralement supérieur à un et peut atteindre la valeur de quatre, selon le rendement du compresseur, la condensation et la régulation de l'ensemble en fonction des besoins.

L'optimisation des installations existantes passe par une bonne maîtrise du circuit frigorifique, les réglages des pressions de condensation et d'évaporation et les températures de sous-refroidissement et de surchauffe (tableau 2). Le maintien en état de propreté du condenseur permet également d'améliorer les échanges, donc de réduire la charge du compresseur. Des solutions plus élaborées consistent à adapter la vitesse et la pression du compresseur en fonction de la demande et des conditions climatiques.

Les fluides frigorigènes doivent également faire l'objet d'une attention particulière à cause de leur potentiel de réchauffement climatique très élevé. Ainsi, les gaz hydrochlorofluorocarbonés (HCFC), par exemple le gaz R22, sont encore prépondérants dans les systèmes de réfrigération, mais ils sont progressivement remplacés par les gaz hydrofluorocarbonés (HFC), par exemple les R134a ou R404A. Des fluides réfrigérants avec des potentiels de réchauffement climatiques plus faibles sont aussi possibles.



Tableau 1. Usages énergétiques des IAA

|  |                    | Usages de l'énergie |             |         |         |           |          |            |             |         |          |           |            |           |             |             |         |         |                |              |           |             |            |                 |              |            |
|--|--------------------|---------------------|-------------|---------|---------|-----------|----------|------------|-------------|---------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|--------------|-----------|-------------|------------|-----------------|--------------|------------|
|  |                    | Électricité         |             |         |         |           |          |            |             |         |          | Chaleur   |            |           |             | Froid + / - |         |         |                |              |           |             |            |                 |              |            |
|  |                    | Nettoyage           | Décorottage | Broyage | Usinage | Emballage | Pressage | Centrifuge | Granulation | Mélange | Écrémage | Dépulpage | Filtration | Soufflage | Remplissage | Étuvage     | Cuisson | Séchage | Pasteurisation | Fermentation | Chaudrage | Évaporation | Stockage + | Refroidissement | Conservation | Stockage - |
| Céréales   | Rizeries           | •                   | •           |         | •       | •         |          |            |             |         |          |           |            |           |             | •           | •       | •       |                |              |           |             |            |                 |              |            |
|  | Meuneries          | •                   | •           | •       |         | •         |          |            |             |         |          |           |            |           |             |             |         |         |                |              |           |             |            |                 |              |            |
|  | Aliments de bétail |                     |             | •       | •       |           |          |            | •           | •       |          |           |            |           |             |             |         |         |                |              |           |             |            |                 |              |            |
| Huilerie (brute ou raffinée)                       |                    | •                   | •           | •       |         | •         | •        | •          |             | •       |          |           |            | •         | •           |             |         |         |                |              |           |             |            |                 |              |            |
| Lait (lait frais, yaourt)                          |                    |                     |             |         |         |           |          |            |             |         |          |           | •          | •         | •           |             |         |         | •              | •            | •         |             | •          | •               | •            |            |
| Boissons (eau, jus de fruits, boissons gazeuses)   |                    |                     |             |         |         | •         |          |            | •           |         | •        | •         | •          | •         | •           | •           |         |         | •              | •            | •         | •           | •          | •               |              |            |
| Sucre (extraction et cristallisation du sucre)     |                    | •                   |             | •       | •       | •         | •        |            |             |         |          |           | •          | •         |             |             |         |         |                |              |           | •           |            |                 |              |            |
| Halieutique (poisson entier, élaboré et conserves) |                    | •                   |             |         |         |           |          |            |             |         |          |           |            |           |             | •           | •       |         |                |              |           | •           | •          | •               | •            |            |

Tableau 2. Solutions de maîtrise de l'énergie pour les systèmes frigorifiques

| Action                                      | Description   | Potentiel d'économie   | Coût  |
|---|---|--|---|
| Maintenance des condenseurs                 | Nettoyer et vérifier l'état des moteurs et des échangeurs.  | Maintien des performances optimales.   | Très faible.  |
| Optimisation des consignes                  | Adapter la température de consigne aux besoins réels des procédés et aux capacités des machines.  | Dépend de la température de base utilisée.   | Pas d'investissement.   |
| Condensation à eau ou condenseur évaporatif | <i>Condensation à l'eau</i> * : permet de réduire la température de condensation et la pression de fonctionnement du compresseur.<br><i>Condenseur évaporatif</i> : utilise le procédé d'évaporation adiabatique de l'eau pour réduire la température de l'air des condenseurs. | 25 % d'économie d'énergie par rapport à un système avec condenseur à air.  | Investissement supplémentaire de 15 % à 25 %.                             |
| Variation de vitesse sur le compresseur     | Varier la vitesse du compresseur pour adapter la puissance frigorifique aux besoins. Les compresseurs à vis et les volutes ( <i>scrolls</i> ) sont particulièrement adaptés pour la variation de vitesse.   | Jusqu'à 25 % d'économie d'énergie.   | Investissement d'environ 200 € par kW.                                    |
| Pression flottante                          | Adapter la pression de condensation et d'évaporation à la température extérieure et à l'usage. Par exemple, réduire la température de condensation pendant les périodes hivernales ou les nuits.  | 2,5 % d'économie par degré en moins sur la température de condensation, ou par degré de plus sur la température d'évaporation.   | Faible investissement, de 3 000 à 10 000 €, notamment pour la régulation. |
| Récupération de chaleur                     | Récupérer la chaleur évacuée par les condenseurs à travers un échangeur de chaleur. La chaleur ainsi récupérée peut préchauffer l'eau des procédés ou l'eau chaude sanitaire, tout en améliorant le COP de l'installation frigorifique.   | Amélioration du COP de 25 % et récupération de toute l'énergie ou d'une partie de celle-ci évacuée au condenseur (3 à 5 fois l'énergie électrique du compresseur) en fonction des températures souhaitées. | Investissement faible et rentable en moins d'un an.                       |

\* Lorsqu'une source d'eau est disponible et que son extraction et son utilisation ne nuisent pas à l'environnement, l'eau peut être utilisée à travers des échangeurs à plaque ou à tubes et calandre.

## Amélioration de la production de chaleur

Les installations de production de chaleur, telles que les chaudières et les fours, sont souvent vétustes et peu efficaces, notamment à cause de brûleurs et de réglages de combustion inadaptés, de l'enrassement

des surfaces d'échange, de la mauvaise isolation de la chaudière et des circuits de distribution. Les solutions d'amélioration sont nombreuses, couvrant de bons réglages, des mesures d'isolation, la récupération de chaleur, voire la substitution énergétique et la cogénération (tableau 3).

Tableau 3. Solutions de maîtrise de l'énergie pour les chaudières à vapeur

| Action  | Description  | Potentiel d'économie  | Coût  |
|---|--|---|---|
| <b>Réglages de combustion</b>                 | Régler les proportions air / combustible, régler l'excès d'air.  | Jusqu'à 5 % d'économie d'énergie en général, voire plus pour les installations non contrôlées.                      | Pas d'investissement.   |
| <b>Isolation thermique</b>                    | Isoler les parties chaudes et les circuits de distribution.  | Jusqu'à 5 % d'économie d'énergie.   | Très faible.  |
| <b>Récupération de chaleur sur les fumées</b> | Récupérer la chaleur des fumées des chaudières, qui peuvent atteindre 400 °C, pour réchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière ou tout autre procédé.<br>Les matériaux utilisés pour l'isolation doivent faire l'objet d'une attention particulière, car ils doivent résister aux condensats très acides formés dans ces chaudières. | 5 % à 9 % d'économie en fonction de l'efficacité de l'échangeur et des niveaux de température souhaités.            | Investissement rapidement amorti.<br>Environ 2,5 à 3 millions de francs CFA par MW de vapeur.                                     |
| <b>Traitemen t d'eau, gestion des purges</b>  | Doser le sel de manière optimale pour éviter l'enrassement de la chaudière, tout en réduisant les purges (réduire les purges revient à réduire la quantité d'eau à chauffer et la quantité d'eau traitée).   | 1 % à 2 % d'économie d'énergie.<br>Amélioration de la durée de vie des chaudières.                                  | Très faible investissement.<br>Réduction des coûts de traitement de l'eau (coût de traitement : environ 1 € par m <sup>3</sup> ). |
| <b>Substitution de combustibles</b>           | Remplacer les brûleurs pour passer du fioul au gaz ou encore à la biomasse.  | Jusqu'à 80 % d'économie financière selon le prix des combustibles.  | Investissement élevé, mais généralement rentable en moins de 3 ans.   |
| <b>Cogénération*</b>                          | Produire simultanément de la chaleur et de l'électricité permettant d'améliorer les rendements.  | 40 % d'économie sur l'électricité et la chaleur.<br>Limitation des immobilisations (un équipement au lieu de deux). | Investissement élevé, mais généralement rentable en moins de 5 ans.<br>1 500 à 3 000 € par kW instillé.                           |

\*Les systèmes de cogénération permettent de valoriser la chaleur perdue auparavant tout en produisant de l'électricité à très bas coût. Le dimensionnement de la cogénération sera basé d'abord sur les besoins de chaleur, puis adapté en fonction des besoins d'électricité et des possibilités d'autoconsommation et d'injection dans le réseau. Les systèmes de cogénération peuvent utiliser du gaz, du gasoil, mais aussi de la biomasse, voire des déchets. Ils requièrent un entretien spécifique. Si l'on ajoute à la cogénération une installation frigorifique par absorption, on obtient la trigénération (voir la fiche PRISME sur le sujet).

## Autres actions de maîtrise de l'énergie et énergies renouvelables

Plusieurs autres actions sont applicables aux IAA comme à toute activité industrielle, telles que l'amélioration des moteurs, la production d'air comprimé, la ventilation et la climatisation des locaux. D'autres fiches PRISME traitent de ces sujets, qui ne sont donc pas détaillés ici.

Par ailleurs, les énergies renouvelables (ER) offrent aux IAA la possibilité de réduire leur dépendance aux produits pétroliers, tout en améliorant leur empreinte carbone et en réduisant leurs charges énergétiques à long terme. Il convient cependant de s'assurer de la faisabilité de la mise en œuvre des actions en fonction des ressources disponibles, des besoins énergétiques de l'industrie et des coûts d'installation et de maintenance (tableau 4).

Tableau 4. Solutions d'intégration des ER

| Énergie renouvelable     | Usage / Installation   | Précaution de mise en œuvre   | Coûts approximatifs  |
|--------------------------|--|---|--|
| <b>Solaire PV</b>        | Toiture ou champ solaire avec ou sans stockage et avec ou sans injection d'électricité dans le réseau. L'énergie produite peut être utilisée pour faire fonctionner les installations frigorifiques, d'éclairage, de pompage, etc. | Vérifier la concordance entre les besoins et les ressources.<br>Vérifier la réglementation énergétique en cas d'injection d'électricité dans le réseau. | 1 € par Wc environ pour une installation sans stockage.  |
| <b>Solaire thermique</b> | Séchage.<br>Chauffage et préchauffage des eaux de procédés.  | Prévoir des systèmes de relève utilisant le gaz ou la biomasse.   | Coûts faibles.<br>2 à 3 € par m <sup>3</sup> d'eau chaude.<br>Moins de 200 € par kW pour un séchoir solaire. |
| <b>Bioénergie</b>        | Installation de combustion pour la production de vapeur ou d'eau chaude.<br>Production de biogaz pour alimenter un des procédés thermiques ou un générateur.<br>Installation de gazéification pour la production d'électricité.    | S'assurer de la disponibilité des ressources et de leur stockage dans des conditions optimales.   | 1 000 à 3 000 € par kWe.   |

## Valorisation des déchets

Les IAA qui transforment les céréales, le lait et les fruits et légumes génèrent des déchets valorisables en énergie, ce qui peut couvrir une bonne partie, voire la totalité des besoins thermiques et

électriques de l'entreprise (tableau 5). L'incinération des déchets permet de fournir la chaleur nécessaire au fonctionnement des machines thermiques ; la méthanisation des déchets putrescibles permet de fournir une partie de l'électricité nécessaire.

Tableau 5. Potentiel de valorisation des déchets des IAA

| Type d'industrie                                      | Volume de déchets  | Usages énergétiques possibles   |
|---|--|---|
| <b>Céréales (rizerie)</b>                             | Balle de riz : 20 % du paddy.  | Gazéification pour la production d'électricité : 0,6 kWh par kg de balle de riz.<br>Incineration pour production de chaleur pour le séchage du riz. |
| <b>Huilerie (huile brute ou raffinée)</b>             | Coque d'arachide : 25 % de la matière première.  | Production de vapeur avec ou sans production d'électricité : 4,5 kWh thermiques par kg de coque d'arachide.   |
| <b>Lait (lait frais, yaourt)</b>                      | Déchet de laiterie : 5 % à 10 % du lait.<br>Déchets d'élevage : 15 à 30 kg / vache / jour selon l'alimentation et le mode d'élevage. | Production de biogaz.   |
| <b>Sucre (extraction et cristallisation du sucre)</b> | Bagasse : 25 % de la canne à sucre.  | Production de vapeur et d'électricité :<br>• 0,5 kWh électrique par kg de bagasse.<br>• 2 kWh thermiques par kg de bagasse.                         |

## Stratégies de mise en œuvre et résultats

### Démarche d'évaluation des potentiels et mise en œuvre des mesures

Étant donné la diversité des usages énergétiques, seule une démarche méthodique d'évaluation des potentiels d'économies d'énergie et de leur mise en œuvre (tableau 6) permettra aux industriels de l'agroalimentaire de réaliser des économies d'énergie pérennes avec un investissement optimal. Cette démarche, menée par un spécialiste, consultant ou responsable en énergie interne, doit être

appliquée avec une attention particulière sur les postes de consommation les plus importants de chaque type d'IAA, tels qu'ils sont décrits dans le tableau 1.

En particulier, la mise en place d'un bon système de management de l'énergie (SMEn) est essentielle. Ce système s'appuie sur des indicateurs de performance pertinents et leur suivi. Le système de management de l'énergie, tel qu'il est défini dans la norme ISO 50001, est adapté à la taille et à la complexité des différents types d'unités industrielles du secteur de l'agroalimentaire. De plus, l'appropriation des SMEn par les IAA est en général facilitée par le fait que les IAA sont généralement habituées aux démarches de qualité, incluant l'obligation de mettre en place un système de management de la qualité dont la démarche est similaire à celui d'un SMEn, ce qui facilite son appropriation.

Tableau 6. Étapes de mise en œuvre des projets de maîtrise de l'énergie

| Phase  | Objectifs  | Actions   |
|--|--|---|
| <b>Prédiagnostic / Diagnostic</b>                | Évaluation de la performance énergétique et proposition d'actions d'amélioration pour les postes les plus significatifs.                   | Définir et quantifier les actions d'économies potentielles.<br>Déterminer les préalables pour la mise en place du SMEn.   |
| <b>Système de management de l'énergie (SMEn)</b> | Mise en place d'un système de suivi des consommations en lien avec la production et les actions d'amélioration entamées.                   | Suivre les indicateurs de performance.<br>Suivre les économies d'énergie sur les actions de maintenance, d'exploitation et de comportement des différents acteurs.              |
| <b>Étude de faisabilité</b>                      | Évaluation technique et économique détaillée des solutions d'envergure, notamment pour les énergies renouvelables et la rénovation lourde. | Évaluer la faisabilité technique en tenant compte des aspects énergétiques, réglementaires et environnementaux.<br>Évaluer les aspects économiques et les modes de financement. |
| <b>Mise en œuvre</b>                             | Implantation des préconisations.   | Consulter et sélectionner des entrepreneurs qualifiés.<br>Apporter l'assistance requise à la mise en service.<br>Suivre les travaux et réception.                               |
| <b>Suivi d'exploitation</b>                      | Suivi et évaluation des performances de l'installation.  | Suivre les indicateurs de performance.<br>Réaliser la maintenance requise.  |

### Rentabilité des projets d'efficacité énergétique

Reconnue comme le premier levier de réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'efficacité énergétique affiche également les meilleurs indicateurs de rentabilité, en particulier au niveau des industries. De manière générale, il est possible de faire jusqu'à 15 % d'économies sans investissements ou avec peu d'investisse-

ments en mettant en place des actions de management de l'énergie. Il est possible d'atteindre 30 %, voire 40 % d'économie par le remplacement des équipements vétustes avec un temps de retour inférieur à 3 ans. Une intégration des ER bien adaptée, telle que la cogénération à base de biomasse ou le recours à l'énergie solaire PV sans stockage, est généralement rentable en moins de 5 ans. La majorité des industries se limiteront aux actions rentables en moins de 3 ans.

## Barrières

Malgré l'intérêt évident que représente la maîtrise de l'énergie pour les IAA, la mise en œuvre des différentes solutions de maîtrise de l'énergie reste encore timide. Plusieurs facteurs contribuent à cette situation. Le manque d'information des entreprises sur les possibilités d'économies financières qui leur sont offertes lors d'une

démarche de maîtrise de l'énergie est une première barrière. De plus, même après une prise de connaissance et la réalisation d'un diagnostic énergétique, les solutions trouvées, souvent rentables en moins de trois ans (voir les sections précédentes), ne sont pas mises en œuvre par manque de financement sur fonds propres ou par les produits des institutions financières (prêt, crédit-bail, garantie, ou autres).

### Encadré 1. Programmes d'accompagnement et modes de financement

- Dans certains pays, des programmes d'accompagnement sont mis en place pour encourager les industriels à investir dans l'amélioration de la performance énergétique. Ces programmes ne sont pas propres à l'industrie agroalimentaire, mais sont tout à fait appropriés pour s'y appliquer. C'est le cas par exemple des programmes de mise à niveau environnementale exécutés au Sénégal et en Tunisie et qui offrent aux entreprises des primes à l'investissement pouvant aller jusqu'à 40 %.

Pour en savoir plus : <http://www.bmn.sn/> et <http://www.pmn.nat.tn/>.

- De plus, plusieurs banques multilatérales de développement, sous l'impulsion de la lutte contre les changements climatiques, proposent des produits financiers, comme des lignes de crédit à taux concessionnel, pour encourager les entreprises à investir dans des projets d'efficacité énergétique ou d'énergie renouvelable. C'est le cas, par exemple, de SUNREF Afrique de l'Ouest doté d'un fonds de 30 millions d'euros.

Pour en savoir plus : <https://www.sunref.org/>.

- Des modes de financement innovants, comme ceux que proposent les entreprises de services énergétiques (ESE), qui prennent en charge tous les investissements ou une partie de ceux-ci moyennant une rémunération dépendant des économies d'énergie réalisées, sont aussi applicables aux IAA.

Pour en savoir plus : fiche PRISME sur les entreprises de services écoénergétiques [https://www.ifdd.francophonie.org/media/docs/publications/124\\_Entreprises\\_services\\_ecoenerg.pdf](https://www.ifdd.francophonie.org/media/docs/publications/124_Entreprises_services_ecoenerg.pdf).

## Conclusion

Les IAA jouent un rôle important dans la croissance économique et sociale des pays en développement. Généralement premières contributrices du secteur industriel et pourvoyeuses d'emplois, elles doivent permettre de répondre aux enjeux du développement de l'agriculture et à l'urbanisation. La maîtrise de l'énergie constitue un enjeu de compétitivité important dans ce secteur très concurrentiel au niveau international. Malgré les résultats bénéfiques qu'un programme de maîtrise de l'énergie peut engendrer au sein des industries agroalimentaires, son appropriation par ces derniers reste faible. La mise en place de programmes appropriés avec de la sensibilisation, un accompagnement technique de qualité et des instruments financiers accessibles, devrait permettre d'améliorer la performance énergétique du secteur aussi bien pour les nouvelles industries que pour le tissu industriel existant.

## Références

- Banque africaine de développement et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2015. Croissance agricole en Afrique de l'Ouest. Facteurs déterminants de marché et de politique <http://www.fao.org/3/i4337f/i4337f.pdf>.

- Diagnostic énergétique dans l'industrie et les services, Bureau de mise à niveau des entreprises, Sénégal <http://www.bmn.sn/Environnement-et-Efficacite.html>.
- Fiches PRISME <https://www.ifdd.francophonie.org/ressources/ressources-pub.php?id=2>. Voir notamment les fiches sur :
  - La cogénération-trigénération.
  - L'éclairage efficace.
  - Le responsable énergie.
  - Le référentiel sur le diagnostic énergétique dans l'industrie.
  - Le confort thermique dans les bâtiments.
  - Le diagnostic énergétique d'un bâtiment.
- Norme ISO50001 : <https://www.iso.org/fr/iso-50001-energy-management.html>.
- Plateforme de l'industrie verte – Green Industry Platform (informations en français et en anglais) : [http://www.greenindustry-platform.org/?page\\_id=1092](http://www.greenindustry-platform.org/?page_id=1092).
- Séminaire en ligne de l'IFDD sur les bonnes pratiques d'efficacité énergétique dans l'industrie : <https://www.ifdd.francophonie.org/ressources/ressources-pub-desc.php?id=730>.

## Étude de cas 1. Cogénération dans les industries sucrières

### Description

Afin de réduire sa dépendance aux énergies fossiles, une compagnie sucrière d'Afrique de l'Ouest a décidé, en 2010, sur la base d'une étude de faisabilité technico-économique, d'installer une nouvelle chaudière de 150 tonnes de vapeur par heure, couplée à une turbine à vapeur de 25 MWe. La chaudière est alimentée exclusivement avec de la bagasse, déchets de la canne à sucre.

### Stratégie de mise en œuvre et financement

Une étude de faisabilité technico-économique a permis de définir les conditions de mise en œuvre du projet, notamment :

- L'évaluation des besoins en vapeur et en électricité et le dimensionnement de l'unité, qui doit permettre de produire 150 t / h de vapeur à 43 bars et d'obtenir une capacité de 25 MW d'électricité.
- Le contrôle de l'humidité de la bagasse, qui doit être inférieur à 50 % pour garantir un rendement minimal de la chaudière.
- Les conditions d'exploitation, comprenant les exigences réglementaires et la revente des surplus à la société d'électricité.

Une fois le financement acquis auprès des banques, la construction de l'unité a été confiée à une société spécialisée.

### Résultats techniques et financiers

L'installation de la chaudière et du turbo-alternateur a permis une production totale de 101 GWh d'électricité par an, dont 28 GWh revendus au réseau national. Le projet a permis, en plus de la production d'énergie, de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 143 000 tonnes par an, tout en ayant augmenté la production à 6 500 tonnes de canne à sucre par jour, soit 1 108 400 tonnes par campagne. Sur le plan économique, le temps de retour sur l'investissement est estimé à moins de 2 ans :

- Investissements bruts : 3,5 millions de francs CFA.
- Coûts d'exploitation annuels (entretien + provision) : 1,8 million de francs CFA.
- Économie annuelle totale : 22,6 millions de francs CFA; cela inclut 11,6 millions de francs CFA d'économie en gaz/gasoil et 11 millions de francs CFA en électricité, en tenant compte de la revente.

### Conclusion

Avec l'installation de cette nouvelle chaudière, l'entreprise parvient désormais à produire jusqu'à 150 000 tonnes de sucre raffiné par an. L'alimentation de la chaudière se fait exclusivement à partir d'énergies renouvelables (déchets de canne à sucre) et la compagnie arrive même à revendre son surplus d'électricité au réseau national. Une dernière piste de valorisation serait d'utiliser les fumées de gaz pour sécher la bagasse et augmenter, par la même occasion, son pouvoir calorifique ainsi que le rendement de la chaudière.

## Étude de cas 2. Gazéification dans les rizeries

### Description

Une société, qui évolue dans le secteur de la transformation et de la commercialisation du riz paddy, a mis en place en 2009 une stratégie de valorisation des déchets agricoles pour réduire ses charges énergétiques. La société a une capacité de transformation de 80 tonnes de riz par jour. La transformation du riz fournit 16 tonnes de déchets de balle de riz par jour.

### Stratégie de mise en œuvre et financement

Devant l'absence de filière d'élimination pour la balle de riz, qui était simplement brûlée à l'air libre, la société a saisi l'occasion d'accompagnement d'une agence de coopération pour étudier et installer une unité de gazéifi-

cation pour la production d'électricité à partir de la balle de riz. C'est ainsi qu'une centrale de 100 kW a été installée.

L'installation a été accompagnée d'un volet de formation des équipes locales chargées de l'exploitation et de la maintenance.

### Résultats techniques et financiers

Avec cette installation, la société arrive à produire 604,8 MWh d'électricité utilisée directement dans son procédé. L'investissement pour la centrale fut de 175 000 000 francs CFA, pour une puissance électrique de 100 kW. Ces investissements stratégiques ont permis à la société TNC d'augmenter sa production de riz paddy et d'accroître ses rendements, tout en valorisant ses déchets de production.

| Action        | Pistes de valorisation  | Bénéfices potentiels   | Aspects économiques                          |
|---------------|---|--|--|
| Gazéification | Mise en place d'une centrale à gazéification fonctionnant à la balle de riz pour produire une partie de l'électricité nécessaire à la ligne de production du paddy. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Économies de 80 % sur la consommation électrique.</li> <li>• Valorisation des déchets très encombrants (balle de riz).</li> <li>• Réduction des émissions de gaz à effet de serre.</li> </ul> | 60 000 000 francs CFA d'économies annuelles. |

### Conclusion

La gazéification représente une solution viable pour les rizeries, notamment pour les petites unités (jusqu'à 500 kW de besoins en électricité), en valo-

risant la balle de riz issue de la transformation du paddy. Elle permet d'assumer toutes les charges énergétiques ou une partie de celles-ci avec un investissement rentable en moins de 3 ans.

## Étude de cas 3. Valorisation dans la chaîne de production d'une brasserie

### Description

Une société spécialisée dans la production et la distribution de boissons gazeuses alcoolisées et non alcoolisées a réalisé, en 2017, un diagnostic pour trouver des pistes d'économie d'énergie. Pour cette production, la société dispose notamment de deux chaudières à vapeur de 11 et 7 tonnes de vapeur par heure fonctionnant au fuel. La société consomme 1 500 m<sup>3</sup>/an de fioul et environ 900 m<sup>3</sup>/an de gasoil. Sa consommation moyenne annuelle en électricité est de 30 000 MWh.

La société dispose déjà d'un système de suivi des consommations au moyen de son système de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO). Cet outil est associé un système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) pour le suivi de la consommation en électricité et en eau par chaîne de production. Le niveau de consommation de chaque équipement est donc connu en temps réel.

### Stratégie de mise en œuvre et financement

Le diagnostic réalisé a consisté à évaluer, d'une part, le potentiel d'économie d'énergie pour les postes les plus importants, c'est-à-dire la production de vapeur et la production d'air comprimé et, d'autre part, le potentiel de recours aux énergies renouvelables. Le diagnostic a été réalisé par une firme externe.

### Résultats techniques et financiers

L'analyse des consommations d'énergie (électricité, fioul, gasoil) et de la chaîne de production de la société de brasserie a permis de déterminer plusieurs pistes d'optimisation. Les plus intéressantes sont les suivantes :

| Action   | Valorisation proposée   | Bénéfices potentiels  | Aspects économiques   |
|--|---|---|---|
| <b>Récupération de chaleur sur les fumées des chaudières</b>     | Permet le refroidissement des fumées au-dessus de leur point de rosée et la récupération d'une partie de la chaleur, ensuite convertie en énergie de chauffage.   | Augmentation de l'efficacité de la chaudière de 5 %.                                | 75 000 litres de fioul économisés chaque année pour un investissement de 40 millions de francs CFA. |
| <b>Amélioration du réseau d'air comprimé haute pression (HP)</b> | Récupération de l'air comprimé HP (40 bars) pour injection dans le réseau à basse pression afin d'alimenter le circuit de présoufflage (7 bars) de la souffleuse. | Jusqu'à 20 % d'économies sur la consommation électrique de la souffleuse.           | 100 000 € d'économies.  |
| <b>Valorisation des déchets de production (drêches)</b>          | Méthanisation des déchets de brasserie (5 tonnes / jour) pour une valorisation en gaz ou en électricité.  | Jusqu'à 590 m <sup>3</sup> / jour de biogaz (ou 890 kWh d'électricité) productible. | Environ 150 000 € d'économies annuelles pour un investissement de 400 000 €.                        |
| <b>Valorisation des boues de station d'épuration (STEP)</b>      | Méthanisation des boues de la STEP (8 tonnes par jour) ou séchage des boues pour utilisation en tant que substitut du sable de construction.                      | Production de biogaz. Substitution du sable marin utilisé dans la construction.     | À définir.  |

### Conclusion

Les solutions d'économies d'énergie proposées sont typiques des unités industrielles de production de boissons. Elles permettront à l'entreprise

d'aller encore plus loin dans l'amélioration de sa performance énergétique, économique et environnementale, pour laquelle elle se distingue déjà. Pour cela, l'entreprise a fait appel à une entreprise de services énergétiques pour l'accompagner en intégrant l'approche du tiers-investissement.

Les fiches techniques du Programme international de soutien à la maîtrise de l'énergie (PRISME) sont publiées par l'Institut de la Francophonie pour le développement durable (IFDD).

**Directeur de la publication :**  
Jean-Pierre Ndoutoum, Directeur, IFDD

**Comité éditorial :**  
Mamadou Kone, Spécialiste de programme, IFDD  
Romaric Segla, Attaché de programme, IFDD  
Louis-Noël Jail, Chargé de communication, IFDD

**Supervision technique :**  
Maryse Labriet, Eneris Consultants, info@enerisconsultants.com

**Auteur :**  
Abdoulaye Seck, Expert énergie et production propre, seck\_a@yahoo.fr  
*Expert indépendant, M. Seck accompagne les entreprises dans l'amélioration de leur compétitivité en prenant en compte la maîtrise de l'énergie et l'environnement. Il intervient également comme expert industrie dans les différents programmes de lutte contre les changements climatiques, et est chargé de cours en efficacité énergétique et financement de projets énergétiques.*

**Édition et réalisation graphique :**  
Perfection Design inc.



L'*Institut de la Francophonie pour le développement durable (IFDD) est un organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF).* Il est né en 1988 de la volonté des chefs d'Etat et de gouvernement des pays francophones de conduire une action concertée visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres. En 1996, cette action a été élargie à l'environnement. Basé à Québec (Canada), l'*Institut a aujourd'hui pour mission, notamment, de :*

- contribuer au renforcement des capacités nationales et au développement de partenariats dans les domaines de l'énergie et de l'environnement,
- promouvoir l'approche développement durable dans l'espace francophone.

Imprimé sur papier contenant 100 % de fibres recyclées postconsommation.

Institut de la Francophonie pour le développement durable (IFDD)  
56, rue Saint-Pierre, 3<sup>e</sup> étage  
Québec, Canada G1K 4A1  
Téléphone : +1 418 692-5727  
Télécopie : +1 418 692-5644  
Courriel : ifdd@francophonie.org  
Site Internet : [www.ifdd.francophonie.org](http://www.ifdd.francophonie.org)

Décembre 2018

