

3. MÉGA-PROJETS POUR MÉGA-ENJEUX

Une tour solaire géante

PS10, Espagne

Les paraboles du désert

Andasol, Espagne

**Des biocarburants qui restaurent
l'environnement**

Groupe Balbo, Brésil

Une symbiose industrielle

Dow Chemical, Pays-Bas

Une tour solaire géante

PS10, Séville, Espagne

Question : Comment l'Espagne pourrait-elle s'affranchir du charbon et du gaz, fortement émetteurs de gaz à effet de serre, pour produire son énergie ?

Réponse : Développer des solutions alternatives utilisant la chaleur du soleil.

Le jour suivant la visite à Milagro de l'un des plus grands champs photovoltaïques européens, situé à quelques kilomètres de la frontière française, nous nous dirigeons plein sud vers la capitale andalouse, Séville. « *Sanlucar la Mayor est un village andalou situé à une centaine de kilomètres du port d'où Christophe Colomb partit découvrir l'Amérique* », nous précise Valeriano Ruiz, professeur de thermodynamique à l'école d'ingénieurs de l'université de Séville. Accoudé à son bureau entre quelques copies d'élèves et coupures de presse, il nous montre du doigt un petit autocollant jaune sur une carte de la région. « *C'est ici que nous allons, dit-il, et ce que vous allez découvrir est unique au monde.* »

Sur la route, Valeriano nous explique avec ferveur l'engouement récent de l'Espagne pour le solaire, et les différentes technologies existantes : Fresnel, Stirling, thermique parabo-

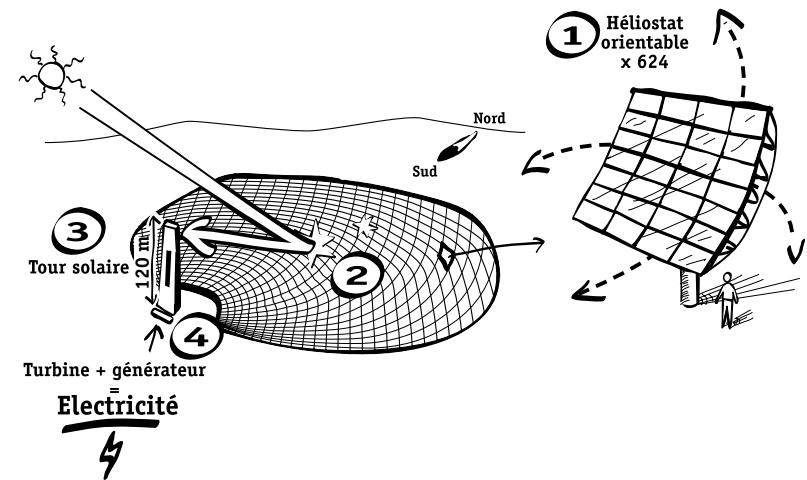
lique, thermique à récepteur central, photovoltaïque... Nous nous y perdons un peu, deux semaines seulement après notre départ de Paris. Carnet de notes en main, nous ne perdons pas une miette de ses analyses. « *La croissance du marché du solaire espagnol est à trois chiffres depuis quelques années. Ce n'est que le début, car aujourd'hui moins de 1 % de l'énergie espagnole est produite grâce au soleil. Plus de 50 % proviennent encore du gaz et du charbon. Le potentiel est extraordinaire.* » Le sud de l'Espagne fait en effet partie d'une zone bien particulière qui reçoit un ensoleillement annuel colossal¹. Appelée ceinture solaire, elle comprend notamment l'Europe du Sud, l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Asie du Sud-Ouest. De plus, la majorité des grandes villes espagnoles se situe le long de la côte, et l'intérieur des terres est peu exploité car très aride. Le solaire est donc une formidable opportunité pour valoriser ces terres inutilisées en y produisant de l'énergie.

Après une quarantaine de minutes de route, une tour blanche aux formes étranges apparaît au loin, sans qu'on sache encore bien ce qu'elle fait ici. « *Bienvenue à Sanlúcar !* » s'exclame Valeriano. Un lieu idéal pour un projet complètement fou au premier coup d'œil. Signifiant *lieu du soleil* en latin, le nom de ce village andalou retrouve aujourd'hui tout son sens. C'est ici qu'a grandi PS10, la première tour solaire commerciale appelée aussi champ d'héliostats à récepteur central... Un peu moins parlant.

Comment ça marche ?

Les héliostats sont des miroirs de 120 m² fixés sur des pylônes de 10 mètres de haut (1). 624 héliostats sont ici répartis de telle sorte qu'ils ne créent aucune ombre les uns aux autres (2). Ils réfléchissent les rayons du soleil pour les concentrer en haut d'une tour de béton qui s'élève à 120 mètres du sol (3).

1. La « ceinture solaire » bénéficie d'un gisement solaire supérieur à 2 000 kWh/m²/an.



À l'aide de petits moteurs électriques tournant sur 2 axes, les miroirs peuvent suivre les mouvements du soleil pour concentrer le plus précisément possible les rayons sur la tour. En haut de celle-ci, de l'eau froide est amenée pour être chauffée et transformée en vapeur. La vapeur est ensuite propulsée à plus de 200 °C vers une turbine au sol (4) produisant de l'énergie mécanique, à l'image d'un train à vapeur, mais transformée ici en électricité à l'aide d'un générateur. PS10 produit chaque année environ 25 gigawattheures, équivalent à la consommation d'électricité domestique actuelle d'environ 5 000 foyers en Espagne. Déjà, une grande sœur est en cours de construction : PS20, qui mesurera 160 mètres de haut, 1 255 miroirs et une production électrique double de celle de PS10.

Trente ans de recherche-développement

L'idée a parcouru un long chemin avant que PS10 ne fonctionne. Plus de trente ans ont été nécessaires pour passer de la recherche pure au prototype, avant d'aboutir à ce fabuleux bijou d'ingéniosité. Dès les années 1970, des recherches sont initiées sur la capacité de telles tours à produire de l'électri-

cité. Trois centres de recherche, l'un en Espagne, l'autre aux États-Unis et le dernier en Israël prennent alors les devants. C'est sous l'œil de Valeriano, en 1983, à Almeria, sur la côte sud espagnole, qu'un des premiers prototypes est construit. Suivront de nombreuses installations de moindre taille, entre autres au Japon, en Italie et en France. Leur objectif commun : réduire les coûts de l'infrastructure, afin d'aboutir à une application commercialement viable. La dernière tour de ce type est érigée en 1994 à Barstow en Californie, puis plus rien. Enfin presque. « *La technologie continuait à progresser mais nous attendions davantage de soutien du gouvernement pour passer à l'étape suivante, celle de la commercialisation*, nous explique Valeriano. *En 1998, l'Espagne a mis en place un système de subvention pour encourager de nouvelles constructions solaires.* » Un an après, la société espagnole Abengoa décide de se lancer dans l'élaboration d'un tel ouvrage. Investissant une trentaine de millions d'euros ajoutés aux 6 millions d'aide de la Commission européenne et de l'Andalousie, la construction débute mi-2004.

Une vitrine du futur

Marchant vingt minutes au milieu des centaines de miroirs, on entend au fil des pas le bruit des moteurs qui réajustent en permanence l'axe des réflecteurs par rapport au soleil. Un peu plus loin, un camion surmonté d'une mini-grue nettoie les miroirs de la poussière déposée par le vent. Véritable cassette, afin de garder une réflexion optimale de la lumière. Se dirigeant au pied de la tour, Valeriano nous propose d'y monter. Arrivés à mi-hauteur, la vue est imprenable, surréaliste. Imaginez-vous, perché à plusieurs dizaines de mètres sous un soleil parfait, avec plus de 600 miroirs réfléchissant ses rayons en un point situé quelques mètres au-dessus de votre tête ! D'ici, on se rend parfaitement compte de l'immensité à la fois technologique, financière et humaine du projet. Le long de la rambarde de sécurité, Valeriano, d'un ton sérieux,

nous déclare : « *La clé pour comprendre les problèmes de l'énergie est qu'il faut sans cesse se projeter vingt ans plus tard. Sinon on a tout faux.* » C'est pour ces raisons que Valeriano exerce encore dans le domaine public : « *On y travaille dans une dynamique à plus long terme. C'est essentiel pour réussir sur des secteurs aussi cruciaux que l'énergie ou l'eau* », insiste-t-il.

On s'interroge sur la gêne que pourrait occasionner cette grande tour aux allures futuristes. « *Un vide a été laissé sur une grande partie de la tour pour alléger visuellement son imposante stature. Les habitants de la ville en sont fiers* », ajoute-t-il.

Tout autour de PS10, on aperçoit d'autres installations produisant de l'électricité à partir de différentes technologies solaires : centrale thermoélectrique cylindro-parabolique¹ ou paraboles Stirling². Le projet est de construire ici 11 centrales solaires de plus en plus puissantes, afin d'alimenter en électricité environ 180 000 familles, soit l'équivalent de la ville de Séville. Sanlucar la Mayor, davantage connu, auparavant, pour la qualité de ses olives, devient petit à petit une véritable plateforme énergétique de la région et une vitrine mondiale pour l'industrie espagnole en matière d'énergie solaire.

Commentaires

De Jean-Baptiste Brochier, spécialiste des technologies solaires

La concentration des rayons solaires est une idée ancienne³ : Archimède, au III^e siècle av. J-C, se serait servi

1. Cf. article « Les paraboles du désert », au chapitre 3.

2. Cf. article « Des moteurs de fusée pour le solaire », au chapitre 7.

3. Pour découvrir de manière ludique différentes applications de l'énergie solaire et voir fonctionner le premier four solaire à concentration du monde, on peut visiter le site du four solaire de Mont-Louis (Pyrénées) : www.four-solaire.com

d'une multitude de miroirs pour mettre feu aux voiles ennemies approchant les remparts de Syracuse. En France, EDF avait construit et opéré une centrale sur le même principe que PS10 entre 1983 et 1986 : Thémis, dans les Pyrénées-Orientales.

Pourtant, PS10 est la première centrale à tour à caractère commercial dans le monde. Pourquoi avoir tant tardé ? Bien sûr, toute jeune filière doit surmonter de multiples difficultés scientifiques et techniques. Mais surtout, le prix de l'énergie thermo-solaire est aujourd'hui trois ou quatre fois plus élevé que celui de l'électricité produit par des filières dites conventionnelles (nucléaire, charbon, gaz). Un écart de prix artificiel, qui ne tient pas compte des coûts « externes » des énergies conventionnelles, comme les coûts du changement climatique ou de la gestion des déchets nucléaires. Inversement, il faudrait comptabiliser les bénéfices induits par la filière solaire en termes d'emploi ou de sécurité d'approvisionnement. Et si les ressources en gaz, charbon ou uranium sont limitées, en une journée le soleil envoie à la terre autant d'énergie que l'humanité n'en consomme dans l'année.

Par ailleurs, la poursuite des investissements pour l'amélioration des centrales à tour permettra de réduire les coûts de moitié à moyen terme, tandis que le prix des énergies fossiles ne cessera d'augmenter. D'où le regain d'intérêt pour ces technologies. En France, le pôle de compétitivité Derbi contribue à la renaissance du site de Thémis. Au niveau mondial de nombreuses entreprises s'intéressent à cette technologie : en 2008 elles ont attiré un demi-milliard de dollars d'investissements¹. Google, qui avait soutenu la société e-Solar² à hauteur de 10 millions de dollars, a augmenté son effort en participant à un nouvel investissement

d'un montant de 130 millions dans le cadre de son ambitieux programme intitulé « RE<C », destiné à rendre les énergies renouvelables (RE pour *Renewable Energy*) moins chères que le charbon (C).

De Matthieu

BrightSource Energy, la tour solaire des enfants

Pour réduire le temps et les coûts de fabrication, des sociétés développent des tours similaires mais bien plus petites et faciles à construire. C'est le cas de la start-up BrightSource Energy qui construit des tours d'une soixantaine de mètres de haut où 1 600 miroirs de 7 m² reflètent les rayons du soleil. L'objectif est toujours le même : produire de l'électricité moins chère que celle provenant du charbon !

www.brightsourceenergy.com

1. Source: *Technology Innovation Report, Concentrated Solar Thermal*, October 2008, CleanTech Group LLC.

2. Voir e-solar.com (à ne pas confondre avec e-solar.net).

Les paraboles du désert

Andasol, Grenade, Espagne

Question : Comment produire un maximum d'électricité grâce à la chaleur du soleil ?

Réponse : Utiliser d'immenses miroirs paraboliques reflétant les rayons du soleil pour chauffer de l'huile et produire ainsi assez d'électricité pour 50 000 Espagnols.

Valeriano nous avait prévenus alors que nous passions la frontière hispanique des Pyrénées. « *La visite d'Andasol sera moins simple à organiser que celle de PS10¹. Oui, c'est toujours en Andalousie, mais près de Grenade, et moi je vis à Séville. Donnez-moi deux jours supplémentaires pour organiser la visite de ce projet.* » Nous étions partis depuis à peine dix jours et déjà les premiers couacs de planning. La suite s'enchaînait vite et certains rendez-vous étaient verrouillés depuis longtemps. Nous nous imaginons alors aller visiter la plus grande centrale thermosolaire d'Europe sans rendez-vous... Qui ne tente rien n'a rien !

Alors que nous roulons sur l'autoroute entre Madrid et Séville,

Valeriano nous confirme le rendez-vous du lendemain pour PS10 et nous annonce l'excellente nouvelle. « *C'est bon pour Andasol. En revanche, il n'y a qu'une date possible pour vous recevoir et c'est après-demain. Préparez-vous à voir défiler les kilomètres pendant les prochaines 48 heures !* »

L'immensité est au rendez-vous

En arrivant à Séville, quelques kilomètres après avoir laissé Grenade sur la droite, la chaîne de montagnes qui longe la route depuis de longues heures prend fin brutalement pour laisser place à un spectacle grandiose : le plateau de Guadix. Enclavée entre des sommets parfois enneigés, cette surface rocailleuse et aride semble infinie.

Valeriano nous avait donné de succinctes explications sur l'emplacement d'Andasol : « *Prenez l'autoroute A92 Grenade-Almeria (pointe sud-est de l'Espagne) et regardez sur votre gauche après une quinzaine de kilomètres de Grenade, vous ne la manquerez pas !* »

En effet, le chantier titanesque est visible plusieurs kilomètres à l'avance. En parvenant sur les lieux, nous découvrons une fourmilière d'ouvriers en uniforme s'activant au milieu de camions par dizaines et de pelleteuses démesurées. Le terrain, clos par un grillage de sécurité, mesure pas moins de 195 hectares – environ la superficie du 1^{er} arrondissement de Paris, ou de l'usine de retraitement des déchets nucléaires de La Hague. Au cœur du plateau de Guadix, Andasol (nom formé à partir de l'Andalousie et du Soleil) prend racine à une vitesse impressionnante. Cette centrale exploite la chaleur du soleil pour produire de l'électricité et se décompose en trois chantiers : *Andasol Uno, Dos et Tres*.

La check-list est longue pour entrer sur le site : badge, casque, dépôt des pièces d'identité à l'entrée, explication sur les interdictions en vigueur sur le chantier dont celle de filmer les détails des installations, fouille des sacs. Et enfin, c'est une jeune et charmante Espagnole qui nous accueille, elle est

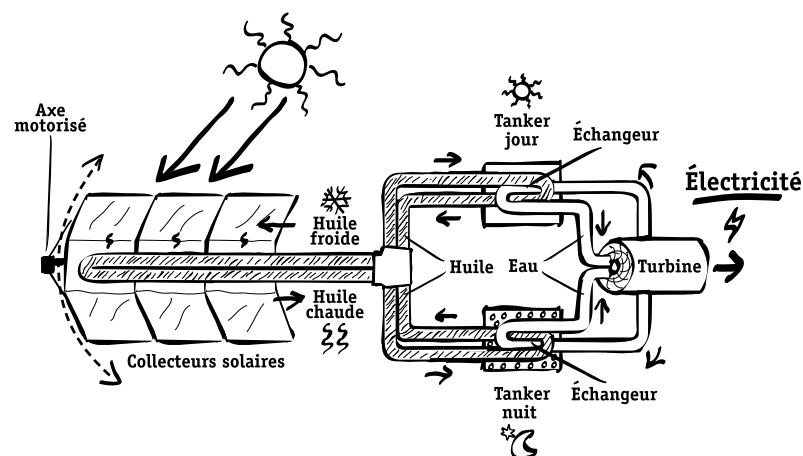
1. Cf. article « Une tour solaire géante », au chapitre 3.

ingénieur. Elle est en charge de l'un des process du site, le stockage de chaleur. Maria José passera plus de trois heures à nous promener sur le chantier en nous répétant l'interdiction des prises de vues.

Avant de s'embarquer dans une visite des installations, carnet de voyage sur la jambe, nous grimpons sur l'un des préfabriqués plantés au milieu de cette immensité, et nous attrapons quelques chiffres au vol. « *Nous sommes ici à Andasol Uno. Andasol Dos vient de commencer, le Tres n'est que sur plan. Les trois feront exactement les mêmes dimensions et auront la même puissance. L'investissement total est de 260 millions d'euros et permettra d'éviter l'émission d'environ 152 000 tonnes de CO₂ par an. Andasol Uno, que vous voyez ici, représente 50 MW installé et permettra d'alimenter environ 45 000 personnes. Nous avons donné le premier coup de pioche il y a un an et demi, et nous produisons de l'électricité depuis quatre mois déjà. Cela dit, vous le voyez par la fenêtre, on est encore en pleins travaux... Vous avez quelques notions en termes d'énergie solaire ?* »... Nous lui expliquons humblement que nous avons visité notre première centrale vingt-quatre heures plus tôt. Nous aurons donc droit aux explications pédagogiques de Maria, bien utiles lors de notre tournée en 4 x 4 à travers les immenses paraboles, caractéristiques de l'endroit.

Comment ça marche ?

Andasol regroupe 625 « collecteurs solaires », formés de miroirs paraboliques de 12 mètres de long et de 6 mètres d'envergure. Ils sont fixés sur un axe motorisé permettant de suivre le soleil, automatiquement, tout au long de la journée. Ces réflecteurs géants concentrent les rayons solaires sur un tube suspendu, dans lequel circule de l'huile synthétique. Après son passage au-dessus des collecteurs, qui l'ont réchauffée, madame l'huile pourra continuer sa route, avec le choix entre deux tankers. Mais elle n'entraînera pas le même effet chez l'un et l'autre.



Dans le premier, l'échangeur de jour, cette huile chauffera de l'eau jusqu'à ébullition grâce à un échangeur thermique¹. Comme sur le feu de cuisine à la maison, l'eau va se transformer en vapeur, donc en un gaz. Ce dernier pourra à son tour entraîner une turbine pour produire de l'électricité. C'est le même système que celui utilisé dans une centrale thermique classique (au gaz, charbon ou pétrole) ou nucléaire.

Si madame l'huile a choisi son deuxième tanker, l'échangeur de nuit, c'est qu'elle préfère attendre un peu avant de s'engager... En effet, ici, ce sera un mélange d'eau et de sel qui sera chauffé. L'intérêt est sa capacité thermique, en gros sa propension à conserver la chaleur. Très utile lorsqu'il fait nuit ou que le soleil se cache toute la journée !

Stockage la chaleur du soleil

Ce système de stockage est l'innovation majeure de cette technologie. Le temps de fonctionnement de la centrale peut ainsi être prolongé de plus de quatre heures après le coucher

1. Un échangeur thermique est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Pour y parvenir, les tuyaux contenant les deux fluides sont assemblés l'un contre l'autre, permettant le passage de la chaleur d'un fluide à l'autre.

du soleil. L'été, cette centrale produit donc de 8 heures du matin à minuit. Et les concepteurs d'Andasol n'ont pas fait les choses à moitié. Le nombre de paraboles solaires a été surdimensionné : il permet de produire deux fois plus d'énergie thermique que celle absorbée par les turbines à vapeur, toujours dans le but d'emmagasiner un maximum de chaleur dans les réservoirs d'eau salée... Andasol permet donc de lever un des principaux freins à l'usage de l'énergie solaire (et de toutes les énergies renouvelables en général) : le fait qu'elle soit disponible par intermittence, et la difficulté de la stocker.

Pour illustrer ces performances, l'un de nous essaie d'occuper notre guide avec des questions pendant que l'autre attrape quelques images, mais elle a l'œil ! Nous nous contenterons donc de vues d'ensemble invraisemblables. Du haut de l'un des bâtiments, Maria nous montre au loin les limites géographiques du site lorsque les trois centrales seront construites. Nous mesurons ainsi combien la réalité peut parfois dépasser la fiction la plus audacieuse.

Maria nous explique en rentrant que la société espagnole ACS a investi la quasi-totalité du montant total du projet, aidée par une subvention de 5 millions d'euros de l'Union européenne. En revanche, la technologie est allemande et provient de Solar Millenium, le leader européen de la technologie. Inutile de dire que les projets gigantesques comme celui-ci sont en train d'éclore à toute vitesse en Europe, aux États-Unis et en Asie. À suivre de très près !

Commentaires

De Jean-Baptiste Brochier, spécialiste des technologies solaires

Malgré son faible ensoleillement, l'Allemagne a positionné depuis longtemps une branche de son département de

recherche aérospatiale (DLR) dans l'énergie solaire concentrée. « Objectif Terre » pourrait en être le leitmotiv ! Car la vision ne manque pas d'ambition : il s'agit d'interconnecter de grandes centrales d'énergies renouvelables entre les pays de la Méditerranée pour répondre aux enjeux du climat, de l'énergie et de l'eau.

Une part prépondérante est faite aux centrales solaires comme Andasol, capables de stocker l'énergie pour ajuster leur production instantanément à la demande. Les chercheurs de la DLR ont ainsi étudié la faisabilité technico-économique de ce plan réunissant l'Europe, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient¹. Conclusion : en mobilisant 1 % des superficies de l'ensemble de ces pays, il serait possible de faire passer la part d'énergies renouvelables dans l'électricité de 16 % en 2000 à 80 % en 2050. À l'opposé d'un scénario « *business as usual*² » qui conduirait à un doublement des émissions de CO₂ sur cette période, il y aurait une diminution de 40 % par rapport à l'année 2000 !

Ce n'est donc pas un hasard si le Plan solaire est devenu le projet phare de l'Union pour la Méditerranée (UPM), composée des membres de l'UE associés à 24 États du pourtour méditerranéen. D'ici 2020 il prévoit l'installation de 20 GW de capacité solaire, soit l'équivalent de 20 tranches nucléaires. Des acteurs industriels de premier plan se positionnent pour produire les composants du projet : miroirs (Saint-Gobain), câbles spéciaux capables de transporter l'électricité sur des milliers de kilomètres³ (ABB). Ce projet nécessite en effet de développer les interconnexions entre le nord et le sud de la

1. Synthétisée par le rapport du Club de Rome « *Clean Power from Deserts, The DESERTEC Concept for Energy, Water and Climate Security* », 2007 (disponible en téléchargement sur Internet).

2. Tel que défini dans le rapport « *Clean Power from Deserts* » mentionné précédemment.

3. À la différence des lignes haute tension à courant alternatif, largement utilisées mais peu efficaces, elles transportent le courant sous forme continue. Cela permet de réduire drastiquement les pertes en ligne proportionnelles à la longueur du trajet.

Méditerranée : aujourd'hui seules deux lignes électriques de 700 MW chacune relient l'Espagne au Maroc.

Osons le parallèle entre la mise en place de ce Plan solaire méditerranéen et celle de la Communauté européenne du charbon et de l'acier¹ après la Seconde Guerre mondiale. Une coopération sur un sujet aussi critique que la sécurité énergétique contribuera sans doute à cicatiser les nombreuses blessures qui secouent encore ce berceau de la civilisation que constitue la Méditerranée.

De Dimitri

Solar Power : toujours mieux, toujours moins cher

Partant du principe que l'on peut toujours tout améliorer, la société allemande Solar Power Group a décidé de s'attaquer au solaire thermodynamique. L'objectif de ses collaborateurs est clair : réduire les coûts. Après un paquet d'années de développement, leur technologie semble mûre pour la commercialisation. Lors de notre passage dans leurs bureaux d'Essen, en Allemagne, nous avons pu rencontrer l'ingénieur en charge du développement de cette technologie. Il nous a expliqué que leur technologie n'utilisait que de petits miroirs plans qui, assemblés les uns aux autres, forment la centrale. On gagne ainsi beaucoup en espace et en coût de production des miroirs. De plus, le liquide chauffé n'est pas de l'huile, mais de l'eau à haute pression, qui peut monter à des températures beaucoup plus importantes (400 °C). C'est cette même eau qui fera tourner la turbine lorsqu'elle passera à l'état gazeux. Outre le coût, cela permet d'améliorer la rentabilité énergétique en éliminant un échangeur (celui entre l'huile et l'eau) par rapport à Andasol.

www.spg-gmbh.com

De Dimitri

Cuisson solaire gargantuesque en Inde

30 000 repas par jour sans dépenser un euro d'électricité... c'est possible et ça existe à Tirupati, en Inde, où a été construite la plus grande cuisine solaire du monde. Ici, ce sont plus de 1 000 m² de récepteurs solaires qui sont utilisés pour chauffer de l'eau. Elle est ensuite redirigée directement vers les cuisines dans d'énormes marmites de 200 à 400 litres. En plein été, celle-ci peut nourrir jusqu'à 39 000 personnes. Imaginez-vous faire la vaisselle !

www.gadhia-solar.com

1. CECA, proposée par Robert Schuman en 1950. Elle a représenté une étape clé dans la réconciliation franco-allemande et la construction européenne.

Des biocarburants qui restaurent l'environnement

Groupe Balbo, Sertãozinho, Brésil

Question : Comment anticiper la baisse de production d'une exploitation agricole basée sur des méthodes intensives et polluantes ?

Réponse : Passer à des méthodes d'exploitation raisonnées qui donnent la part belle aux forces de la nature grâce à une recherche de pointe.

C'est à São Paulo que nous découvrons pour la première fois le nom de Leontino Balbo Junior. Il est directeur agricole et commercial d'une entreprise familiale au sud-est du Brésil réputée pour ses méthodes d'exploitation pleines de sens. Cette société est tout simplement la plus grande productrice mondiale de sucre et d'éthanol issus de l'agriculture biologique. À elle seule, elle répond à la moitié de la demande en sucre biologique des États-Unis.

Plusieurs relances (téléphone, e-mail) pour tenter de rencontrer Balbo étant restées vaines, nous décidons de prendre un bus de nuit pour nous acheminer jusqu'à son bureau. Déposés sur place à 4 heures du matin, c'est sur un sac de

couchage que nous terminerons notre nuit, dans la salle d'attente de la gare routière de Sertãozinho, avant de nous rendre à 9 heures au siège de l'entreprise. Le taxi, pour nous y conduire, traverse d'interminables champs de canne à sucre, une plante semblable à un roseau qui peut atteindre 5 mètres de haut. La même qui fait le goût et la réputation de la cachaça, l'alcool local présent dans toute bonne caïpirinha, cocktail emblématique du pays. À l'entrée, une hôtesse nous accueille d'un grand sourire, un peu surprise toutefois, tant de notre apparence que de notre présence ! Après quelques minutes de discussion, le tour est joué : rendez-vous est pris pour l'heure qui suit.

Le Brésil est le plus grand producteur mondial de sucre et d'éthanol à base de canne à sucre. L'éthanol, alcool issu de plusieurs transformations du sucre de canne, fut introduit dans les mélanges d'essence dès les années 1970, suite à la première crise pétrolière. Aujourd'hui, la plupart des nouvelles voitures brésiliennes ne roulent qu'à l'éthanol grâce notamment à l'arrivée de nouvelles voitures dites « Flex », acceptant à la fois l'éthanol et l'essence comme carburant.

C'est dans les années 1940 que la famille Balbo se lança dans l'exploitation de canne à sucre avec l'acquisition d'un premier terrain et d'une usine de production de sucre. D'autres terrains seront achetés dix ans plus tard, associés à de nouveaux moyens de production. Aujourd'hui, plus de 3 millions de tonnes de canne à sucre sont récoltées chaque année sur les 20 000 hectares de l'exploitation et transformées en sucre et éthanol.

Une agriculture à bout de souffle

Au début de l'aventure, tous les moyens étaient bons pour améliorer la production : engrais chimiques destinés à améliorer la croissance des cannes à sucre, insecticides, fongicides et herbicides pour les protéger respectivement des insectes, champignons et « mauvaises » herbes. « À cette époque, j'étais

*encore gamin et courais dans les champs, sourit Leontino. Durant mes études d'agronomie, je me suis passionné pour les méthodes alternatives d'agriculture, techniques qui permettaient, au sein d'une exploitation, de préserver, restaurer et enrichir l'environnement. » À vingt-trois ans, tout juste sorti de l'université, il est enrôlé dans l'entreprise familiale et met un point d'honneur à convaincre les dirigeants et partenaires de changer de méthode. Deux ans plus tard, le projet *Cana verde* est lancé. Il vise à passer d'une agriculture polluante et dépendante des ressources extérieures à une agriculture respectueuse de l'environnement et autosuffisante en ressources et énergie. Le tout en préservant les mêmes volumes de production. « Un défi jamais relevé pour une exploitation agricole de cette taille », nous dit-il.*

Utiliser les forces de la nature et l'intelligence de l'homme

Au fil des années les changements sont apparus. À l'opposé des techniques actuelles qui gavent le sol de produits toxiques pour en améliorer la productivité à court terme, l'équipe de recherche a mis au point des solutions alternatives. Elle a toujours trouvé le moyen d'utiliser les ressources naturelles disponibles et les espèces animales locales pour améliorer les rendements ou combattre certains fléaux sévissant dans toute exploitation agricole.

« Avant chaque nouvelle plantation, un engrais naturel à base de plantes légumineuses, que nous cultivons sur une partie de l'exploitation, permet d'enrichir la terre en nutriments et de contrôler la pousse des mauvaises herbes. Il est hyper efficace », précise-t-il.

Pour combattre les insectes nuisibles, le laboratoire de l'entreprise a cherché et collecté des ennemis naturels qui s'en nourrissent. Reproduits massivement en laboratoire, ils sont ensuite libérés au milieu de l'exploitation, permettant ainsi d'éviter l'utilisation d'insecticides toxiques qui appauvrissent la terre. On y découvre par exemple des lâchers successifs de

guêpes qui s'attaquent à un type de chenilles particulièrement destructives, la *Diatraea saccharalis*.

Les méthodes de coupe et récolte des tiges de canne à sucre ont elles aussi été révisées. Pour ne récolter que la tige, l'ancienne méthode consistait à allumer un feu afin de brûler les feuilles de la canne et ne conserver que la tige après l'extinction du feu. Les tiges étaient ensuite coupées manuellement. Cette méthode, dont l'avantage est d'être peu coûteuse et totalement maîtrisée par les agriculteurs, est encore la plus répandue au Brésil. Mais elle envoie du CO₂, gaz à effet de serre, dans l'atmosphère, dégrade la teneur en sucre de la tige et détruit les feuilles, une ressource qui pourrait être utilisée. Pour pallier ces défauts, l'équipe de Leontino a mis au point une machine sur mesure : une moissonneuse qui coupe les tiges et les sépare des longues feuilles de la canne. La tige, non brûlée et par conséquent de meilleure qualité, est ainsi récoltée mécaniquement et les feuilles peuvent être réutilisées. « Une fois répandues sur les champs, elles ont pour fonction capitale de protéger le sol du soleil et des grandes pluies », nous explique Leontino. Le détail est poussé jusqu'à la forme des pneus des moissonneuses, larges et spécifiquement conçus pour éviter de tasser la terre et freiner ainsi le développement de micro-organismes à l'intérieur.

Dans le cadre du processus de conversion de l'exploitation en un véritable écosystème, des zones ont été reboisées pour y faire revenir la faune disparue. Aujourd'hui près de deux fois plus d'animaux sont recensés sur les terres de la famille Balbo que sur les exploitations voisines de canne à sucre.

Côté énergie, les usines de production de sucre et d'éthanol sont propulsées par la combustion de bagasse. La bagasse est l'ensemble des fibres de la canne, qui une fois pressées pour obtenir le jus de canne, peuvent être réutilisées pour produire de l'électricité. Au final, plus qu'autonome, l'exploitation produit davantage d'énergie qu'elle n'en consomme.

Des investissements qui finissent par payer

La transition de la méthode appelée « classique » à la méthode respectueuse de l'environnement que la famille Balbo a adoptée a beaucoup coûté, en temps et en argent. « *Plus de 8 millions de dollars et dix ans de recherches et tests ont été nécessaires avant d'obtenir le premier kilo de sucre de canne certifié biologique ! s'exclame Leontino. Le plus dur fut les trois premières années de transition, de 1995 à 1997. Il était essentiel de disposer d'un financement suffisant pour supporter le coût de la baisse passagère de la production et être certain qu'elle se développerait de plus belle. Je n'en dormais plus !* » Transformer les méthodes de production ne représenta qu'une partie du travail de Leontino, car il fallut aussi assurer la formation d'une partie des 3 000 travailleurs du site à leurs nouvelles fonctions. « *De nouveaux et différents métiers sont apparus, exigeant de nouvelles compétences, alors que dans le même temps d'autres disparaissaient* », nous résume Leontino dans son anglais parfait.

Les résultats n'ont pas tardé. En 2000, les rendements de l'exploitation avaient dépassé les meilleures récoltes jamais réalisées. Ils ne sont jamais redescendus depuis. Pour se diversifier, Leontino a lancé sa propre marque de produits issus de l'agriculture biologique, Native. Et afin de répondre à une demande croissante, il a choisi d'aider d'autres producteurs à se convertir aux mêmes méthodes d'agriculture. Ils vendent désormais leurs produits sous les couleurs de Native, la nouvelle marque. En fin stratège, il nous résume sa position sur le marché du sucre : « *Je suis un brise-glace. Sous cette glace, évoluent les géants comme Kellogg's et Starbucks qui voudront bientôt du sucre issu de l'agriculture biologique. Et je veux avoir mon pied dans l'eau le premier !* »

Au terme de notre rendez-vous, nous discutons une dizaine de minutes avec un homme d'une soixantaine d'années, au parcours atypique. Il était coupeur de canne à l'époque où les moissonneuses n'étaient pas encore utilisées. Aujourd'hui, il

dénombrer les vers de terre en les classant par famille. Véritables mini-laboureurs, ces vers de terre creusent, remuent et oxygènent le sol. Ils sont donc essentiels à l'agriculture biologique. Sous son chapeau de paille qui le protège d'un soleil brûlant il nous confie en riant : « *Avant, c'était un cauchemar de travailler tous les jours au contact de tous ces produits chimiques. Aujourd'hui, je suis au paradis !* »

Commentaires

De Catherine Golden, spécialiste en agriculture positive et valorisation de la biomasse

À l'heure où la production d'agrocultures doit répondre aux critiques qui lui sont adressées, le projet Cana Verde offre une formidable démonstration d'une production agro-industrielle positive, qui génère des revenus en restaurant l'environnement.

Le bilan énergétique est positif, grâce à la récupération des bagasses comme source d'énergie. Sur le plan du climat, les cultures de légumineuses permettent d'éviter les émissions de N₂O¹ dues aux engrais minéraux, tandis que les nouvelles méthodes de coupe et l'utilisation de la bagasse à la place de carburants fossiles réduisent les émissions de CO₂. Mais surtout, ce type d'agriculture restaure la teneur des sols en matière organique, riche en carbone. Le sol va ainsi stocker du carbone qui était auparavant dans l'atmosphère : l'exploitation a ainsi un impact positif sur le climat. Au niveau mondial, en doublant le taux de matière organique dans les sols cultivés, on pourrait réabsorber pratique-

1. Le N₂O ou protoxyde d'azote est un gaz à effet de serre au pouvoir de réchauffement global environ 300 fois supérieur à celui du CO₂. Il provient principalement des engrais azotés minéraux et des déjections animales.

ment tout le carbone émis depuis le début de la Révolution industrielle !

Ce mode d'exploitation a aussi un impact positif sur la fertilité des sols, sur la santé (lutte biologique qui remplace des produits phytosanitaires toxiques), et sur la biodiversité (zones reboisées, augmentation de la faune locale). Et contrairement à une idée reçue, ces efforts sont récompensés par des rendements en hausse et un excellent bilan économique.

Pour parfaire cette démarche vertueuse, il est cependant essentiel que ce type de production n'entraîne pas de déforestation ou toute autre destruction de milieux à forte valeur environnementale.

Produits dans de telles conditions, les agrocarburants peuvent jouer un rôle positif dans le mix énergétique de demain. La critique de la concurrence entre cultures alimentaires et énergétiques doit être mise en regard des défis d'aujourd'hui : réduire et modifier les consommations alimentaires des pays industrialisés, réduire les consommations énergétiques et enfin élargir les fonctions de l'agriculteur. Sans oublier d'œuvrer en parallèle pour l'accélération du développement des biocarburants de deuxième génération, plus efficaces notamment en termes de production par hectare, en complément des biocarburants de première génération dont l'éthanol de canne à sucre fait partie, pour pouvoir satisfaire la demande mondiale future en agrocarburants.

De Matthieu

Klabin : du papier écologique ?

C'est à Telemaco Borba dans l'État du Paraná, au sud-est du Brésil, que nous avons visité l'exploitation papetière de Klabin, la plus grande d'Amérique latine. Les chiffres sont colossaux : 4 000 employés, 144 000 hectares d'arbres exploités, et 3 000 tonnes de papier produit par jour. Deux

tiers des employés travaillent dans la plantation, le reste à l'usine. C'est la première usine papetière du Brésil à avoir obtenu le label FSC (Forest Stewardship Council) qui certifie la gestion durable de la forêt. Un des points qui nous ont marqués est la place donnée à la biodiversité par l'entreprise : près de la moitié de l'exploitation est protégée et entretenue sans être exploitée (bien plus que les 20 % réglementaires). La diversité du couvert végétal est ainsi maintenue et la reproduction des animaux favorisée.

www.klabin.com.br

De Matthieu

Le neem ou l'arbre miracle

Le neem ou margousier est un arbre originaire de l'Inde orientale, aux nombreuses vertus. En langage populaire les Indiens l'appellent la pharmacie du village, et les textes sacrés hindous parlent du « *sarve roga nirvariniqui* » qui signifie : « Celui qui guérit toutes les maladies. » C'est à partir du noyau de son fruit que l'entreprise de Raghavendra Joshi, RJ Group, a développé un engrais certifié pour l'agriculture biologique et un insecticide naturel. Honnête, Raghavendra nous dit aussi que son entreprise produit encore cinq fois plus d'engrais et insecticides chimiques. Mais il est persuadé que la balance va s'inverser et que les méthodes d'agriculture actuelles devront changer si les agriculteurs veulent continuer à produire autant, sans voir leurs coûts d'exploitation grimper.

www.neemindia.com

Une symbiose industrielle

Dow Chemical, Terneuzen, Pays-Bas

Question : Comment réussir à consommer moins d'eau et d'énergie pour produire autant ?

Réponse : Associer ville et industrie pour une meilleure utilisation des ressources et déchets de chacun.

Polystyrène, polyuréthane, polyéthylène téréphtalate, polypropylène, chlorure de calcium, dioxyde d'éthylène, acrylates, surfactants, résines de cellulose... La liste est longue, incompréhensible et, on vous l'accorde, n'incite nullement au rêve ! Tous les ordinateurs, voitures, stylos, bouteilles, téléphones et autres objets de la vie quotidienne sont cependant constitués de ces produits, pour la plupart dérivés du pétrole. Leurs procédés complexes de fabrication sont des plus gourmands en énergie et en eau, et des plus polluants. Pour ces raisons, après un passage par l'Allemagne, nous décidons de nous diriger vers Terneuzen, aux Pays-Bas. Cette ville de la région du Zélande, à la frontière belge, accueille le plus important complexe pétrochimique d'Europe, qui est aussi l'un des plus grands du monde : celui du leader américain Dow Chemical. Pour trouver le lieu du rendez-vous, nous repérons de loin les grandes cheminées qui, par dizaines, nous donnent une idée

de l'ampleur du site dont nous allons faire la découverte. Situé à l'embouchure d'un canal à la fin du Westerschelde, un fleuve se déversant en mer du Nord, il est entouré d'eau, et ce n'est pas un hasard. La première raison est liée au transport : il s'agit de bénéficier d'un port permettant l'arrivée des matières premières et l'acheminement des produits finis. La seconde est liée aux process chimiques : les 28 usines du site ont un tel besoin d'eau qu'une partie est pompée dans le fleuve.

Les besoins en eau douce des pays industrialisés se répartissent habituellement en trois secteurs prédominants : industrie et énergie tout d'abord, agriculture ensuite, et enfin le secteur domestique. Aux Pays-Bas, à l'instar de nombreux pays comme la France, plus des deux tiers des besoins d'eau douce vont au seul secteur de l'industrie et de l'énergie¹. Le moindre effort d'économie de ce dernier, aussi modeste soit-il, a donc un impact considérable sur les réserves en eau douce du pays. Le complexe de Terneuzen fabrique sur plus de 400 hectares de quoi répondre à la demande de produits plastiques de 60 millions d'Européens. Mené par 2 000 employés, il consomme à lui seul près d'1 % de l'énergie néerlandaise et l'eau nécessaire pour alimenter 500 000 personnes. Celle-ci provient soit de Belgique, à une cinquantaine de kilomètres, soit du nord du pays. Le pompage de cette eau relativement éloignée nécessite à son tour beaucoup d'énergie. C'est l'entreprise de gestion de l'eau de la région et non Dow Chemical qui s'en charge. Elle répercute ensuite le coût du pompage sur le prix du litre d'eau vendu à l'industriel.

Un métier : économiseur d'eau

En entrant, la sécurité est maximale. Niels Groot vient nous chercher, nous ouvrant chacune des portes du premier bâti-

1. Il en va autrement bien sûr dans les pays en développement. Ainsi, en moyenne au niveau mondial, 70 % de l'eau est consommée par l'agriculture, 22 % par l'industrie et 8 % par les ménages.

ment. Il est responsable de toute la gestion de l'eau du site « de l'approvisionnement à son retour au fleuve, en passant par les différents stades de traitement et d'épuration », nous dit-il. Son doctorat en chimie obtenu, il est immédiatement embauché par Dow Chemical à Terneuzen en 1984. En 1995, il prend la tête du département eau pour mettre en place une série d'actions visant à améliorer la gestion des ressources hydriques au sein du site. Fidèle depuis vingt-cinq ans, il est à l'origine d'un plan majeur d'économie d'eau et d'énergie, finalisé en plus de dix ans, et qui a attiré toute notre attention.

« Les étapes de fabrication des 800 types de plastiques que nous produisons ici nécessitent des qualités d'eau différentes, et donc autant de traitements spécifiques. Nous avons donc plusieurs types d'infrastructures d'épuration d'eau, nous explique-t-il en entrant dans son bureau. Les deux principaux changements que nous avons réalisés sont liés à la gestion de l'eau mais ont aussi des impacts sur la consommation énergétique. »

Quand l'eau potable partait en fumée

La production du plastique nécessite de l'eau froide pour refroidir les machines. Une eau qui doit être de grande qualité, pour ne pas détériorer ces équipements de pointe. Au départ, l'usine utilisait de l'eau potable, qui après être passée sur les machines brûlantes s'évaporait dans l'atmosphère, formant des blancs panachés de fumée bien visibles au sommet des tours de refroidissement : un sacré gâchis. La première étape de progrès a donc consisté à traiter l'eau usée provenant d'autres étapes de fabrication des plastiques, afin de la réutiliser dans le circuit de refroidissement. « Par ce recyclage interne de l'eau, c'est plus de 2,5 milliards de litres d'eau potable qui ont été économisés chaque année : l'équivalent de la consommation de 60 000 personnes », annonce fièrement Niels.

Il poursuit : « La deuxième amélioration est d'ordre éner-

gétique et chimique. D'autres étapes de fabrication ont besoin d'eau très chaude et pure sous forme de vapeur. Auparavant, nous utilisions de l'eau de mer dessalée. » Mais le dessalement est un procédé gourmand en énergie et en produits chimiques – et donc coûteux. Pour réduire les coûts, une solution a été trouvée : utiliser les eaux usées de la ville de Terneuzen. « Autrefois elles terminaient dans le fleuve après avoir été traitées dans la station d'épuration de la ville. Aujourd'hui, nous les réutilisons », ajoute Niels en nous montrant les photos des différentes étapes. Pauvres en sel, ces eaux usées nécessitent moitié moins d'énergie et de produits chimiques que l'eau de mer pour leur purification, une économie considérable. Niels n'a pas l'intention de s'arrêter en si bon chemin. « Nous travaillons maintenant sur la récupération de l'eau de pluie et sur la réutilisation d'eaux usées entre les différentes usines du site. Pour l'eau de pluie, les volumes restent ridicules comparés à nos besoins, mais le recyclage des eaux pourrait encore diviser par deux ou trois nos besoins. »

« Sur le papier, tout cela semble couler de source. En réalité, ce n'est pas vraiment le cas ! » nous dit Niels en souriant. Pour parvenir à un tel changement il a fallu évaluer les risques, trouver un accord avec la ville, construire les infrastructures et enfin effectuer des tests sans arrêter la production quotidienne. Au total, dix années ont été nécessaires pour penser et réaliser ces deux améliorations. Il aura fallu toute la persévérance d'un homme pour y parvenir. Au final pourtant tout le monde est gagnant : l'entreprise comme la municipalité y voient leurs coûts réduits et leur ressource en eau augmentée.

Commentaires

De Sébastien Delpont, spécialiste en écologie industrielle et des usines positives

Réutiliser l'eau d'une station d'épuration dans un procédé industriel : la méthode est relativement simple sur le plan technologique, avec des impacts positifs immédiats en termes d'énergie, climat, ressource, toxicité... et sur le plan économique ! En fait, l'innovation, ici, réside dans l'idée que, pour optimiser un site industriel, il faut être capable de regarder au-delà des frontières de l'usine. On parle alors de symbiose industrielle – tout comme il y a dans la nature des symbioses, c'est-à-dire des associations durables entre espèces différentes – et même d'écologie industrielle, l'idée étant de mimer le fonctionnement de la nature, où les déchets de l'un sont les ressources de l'autre.

Plus que la technologie utilisée, ce qu'il faut retenir de cette initiative, c'est l'état d'esprit qui a permis sa mise en place. Les démarches environnementales engagées l'ont été de façon graduelle et systémique : efficacité au niveau de chaque procédé, puis au niveau des différents procédés entre eux (recyclage de l'eau entre les usines du site), suivie d'une valorisation d'actifs sous-exploités sur le site (étude sur les eaux de pluie) et au niveau territorial hors du site (réutilisation d'eau de station d'épuration).

Dans ce même esprit de valorisation d'actifs situés hors des frontières d'un site industriel, une usine BMW à Spartanburg (USA) a fait installer 15 kilomètres de pipeline pour récupérer le biogaz non valorisé d'une décharge voisine, et l'utiliser en substitution de gaz naturel, avec des bénéfices environnementaux et économiques substantiels à la clé : 1 million de dollars économisés par an, des investissements rentabilisés en deux ans et demi, et 60 000 tonnes de CO₂ émises en moins chaque année.

Cette initiative de Dow représente un premier pas vers l'écologie industrielle. Tous les exemples réussis de parcs éco-industriels ont commencé par des initiatives de ce type : des échanges de flux d'eaux intersites autour d'industries lourdes. Si la démarche est poussée plus loin, on parlera peut-être dans dix ans de la symbiose industrielle de Terneuzen comme on parle du modèle de symbiose industrielle de Kalundborg aujourd'hui !

De Matthieu SSAB à Borlänge : réutiliser l'eau chaude industrielle pour la ville

En Suède, c'est l'usine métallurgique du groupe SSAB qui coopère à sa façon avec la ville de Borlänge. La fabrication des grands rouleaux d'acier que produit l'usine demande une énergie considérable. Une grande partie de cette énergie, transformée en chaleur, est au fil des étapes de production perdue sous forme d'eau chaude. L'idée fut de réutiliser cette eau chaude pour alimenter le réseau de chauffage urbain qui sillonne la ville et chauffe ainsi chaque bâtiment sans chaudière : un système très répandu en Europe du Nord mais peu en France. Cet exemple montre, comme celui de Dow, qu'il est possible de faire coopérer ville et industrie.

www.borlange.se

www.ssab.com

De Matthieu Cereplast : le plastique autrement

Ce n'est pas un autre exemple de coopération ville/industrie que nous sommes venus visiter en Californie, mais une manière différente de produire certains plastiques que Dow Chemical fabrique à Terneuzen. On les appelle bio-plastique ou agro-plastique, ils peuvent être fabriqués à partir de

maïs, de patate douce, de canne à sucre ou de bien d'autres ressources végétales. Les avantages sont que les ressources utilisées sont renouvelables. Elles stockent du CO₂ pendant leur croissance. Mais le risque est qu'ils entrent en concurrence avec certains aliments de base et fassent donc augmenter leur prix.

www.cereplast.com