

# Satisfaire les besoins en énergie d'une mine d'or, la mine d'Essakane au Burkina Faso

Par **Christophe FLEURENCE**

Vice-président Business Development Africa de Total Eren

Près de cinq cents tonnes par mois : c'est la quantité de fioul remplacée par de l'énergie solaire sur le site de la mine d'or d'Essakane, au Burkina Faso. Située dans une zone reculée et non raccordée au réseau national d'électricité, cette société minière qui appartient au groupe canadien IAMGOLD a opté pour une solution d'approvisionnement énergétique innovante pour l'industrie minière. Pour répondre à une demande électrique moyenne de 40 MW, la mine s'est associée au producteur d'énergie Total Eren qui a raccordé une centrale solaire photovoltaïque (PV) d'une capacité de 15 MWc à la centrale thermique au fioul de 57 MW utilisée par la société minière précitée. L'ensemble représente aujourd'hui la plus grande centrale hybride solaire-diesel du monde et l'une des plus grandes installations solaires d'Afrique subsaharienne.

Essakane Solar a été développée par les équipes de Total Eren <sup>(1)</sup> et AEMP (Africa Energy Management Platform) <sup>(2)</sup>.

Comment arriver à satisfaire les besoins énergétiques d'une mine d'or ? Dans cet article, quelques éléments de réponse seront donnés par un acteur pionnier du secteur des énergies renouvelables.

## Satisfaire les besoins énergétiques croissants de l'industrie minière

### Les caractéristiques du secteur minier aurifère

#### Un secteur globalisé

Si, historiquement, l'or était principalement exploité en Afrique du Sud, l'exploitation aurifère s'opère aujourd'hui sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique. Les principales mines d'or sont localisées dans huit pays producteurs : il s'agit de la Chine – le premier producteur mondial (14 % de la production annuelle mondiale <sup>(3)</sup>) –, de la Russie, de l'Australie, des États-Unis, du Canada, du Pérou, de l'Indonésie et de l'Afrique du Sud. L'Afrique, à elle seule, concentrait 55 % des réserves d'or mondiales, en 2013 <sup>(4)</sup>.

Le World Gold Council estime à environ 3 000 tonnes la quantité d'or extraite chaque année, soit l'équivalent d'un cube d'or pur d'environ 5,4 mètres pour chacune de ses arêtes <sup>(5)</sup>. La production minière représente une part non négligeable de l'approvisionnement en or au niveau mondial (près de 75 % <sup>(6)</sup>), le reste de la demande étant comblé par le recyclage du précieux métal, lequel est très prisé dans des pays comptant de nombreux consommateurs, tels que la Chine, l'Inde, les États-Unis ou la Turquie.

#### Un secteur énergivore

Les industries minières consomment des quantités considérables d'électricité, une consommation qui varie en fonction du type de minerai et de l'importance des opérations nécessaires à la transformation ou à l'enrichissement de celui-ci. D'après les experts, le secteur minier consommerait environ 400 TWh d'électricité par an, soit un peu

(1) Total Eren est un producteur indépendant d'électricité (IPP) qui développe, finance, construit et exploite des centrales d'énergies renouvelables pour les réseaux nationaux, les mines, les grandes industries et les populations non desservies par les réseaux. Fort d'un portefeuille d'actifs de plus de 1 300 MW en exploitation ou en construction sur les cinq continents, Total Eren œuvre activement à la réplique de projets similaires à celui d'Essakane Solar sur d'autres sites, au bénéfice des acteurs locaux et de l'industrie minière.

(2) Basé en Afrique du Sud, AEMP développe, finance, construit et exploite avec Total Eren des centrales électriques à partir d'énergies renouvelables et hybrides (thermique, stockage) pour des acteurs industriels en Afrique subsaharienne, notamment des clients minières.

(3) World Gold Council (WGC).

(4) DELOITTE (2013), "Mining in Africa: how inclusive solutions can mitigate risk".

(5) En nous basant sur les calculs du WGC qui estime à 190 000 tonnes la quantité d'or produite depuis l'aube de l'humanité, soit l'équivalent d'un cube d'or pur de 21 mètres pour chacune de ses arêtes (si chaque once d'or était assemblée).

(6) World Gold Council.

Photo © Wärtsilä



Figure 1 : La mine d'or d'Essakane du groupe IAMGOLD. Au premier plan, la centrale solaire d'une capacité de 15 MWc installée par Total Eren et AEMP en complément du système de générateurs diesel existant.

moins que la consommation totale d'électricité de la France en 2013 (476 TWh), mais bien plus que celle du Royaume-Uni au titre de la même année (346 TWh).

La puissance installée requise pour exploiter une mine d'or à ciel ouvert s'échelonne généralement entre 20 et 60 MW, elle peut atteindre les 80 MW pour une mine d'or souterraine <sup>(7)</sup>. Par ailleurs, les minerais bruts contiennent presque toujours un mélange de minéraux qu'il est nécessaire de trier pour pouvoir en extraire les minéraux désirés. Sachant que, dans la plupart des mines d'or industrielles, une tonne de minerai contient de quelques dixièmes à quelques grammes d'or, on comprend aisément que la production annuelle mondiale d'or s'avère être un processus industriel des plus énergivores. L'extraction, le concassage et le traitement des volumes de minerais de l'ordre du kilomètre cube sont des opérations nécessaires pour extraire un volume d'or annuel qui tiendrait théoriquement dans deux containers maritimes de 40 pieds !

Dans de tels contextes, l'électricité est généralement produite à partir de combustibles liquides acheminés par la route. Outre une empreinte carbone significative, cela implique un coût de production qui est fortement dépendant des variations du prix du pétrole, ainsi que des contraintes importantes en matière logistique et financière (coûts de transport et nuisances diverses). À titre d'exemple, une mine disposant d'une charge électrique de 40 MW consomme près de 10 tonnes de fioul par heure.

### Les défis énergétiques que pose une mine d'or

#### Approvisionnement en énergie et technologie de production d'électricité

Si l'électricité nécessaire au fonctionnement des sites

d'exploitation minière les plus accessibles est en général fournie par les réseaux nationaux, les nouvelles mines sont de plus en plus souvent éloignées des réseaux électriques. Aussi observe-t-on une forte progression des projets reposant sur l'autoproduction d'énergie (de 6 % des projets miniers avant 2000, on est passé à 18 % en 2020, d'après la Banque mondiale).

Jusqu'à récemment, les sources d'énergie disponibles pour la plupart des mines d'or se situant hors réseau électrique se limitaient généralement au fioul léger, au fioul lourd ou, plus rarement, au gaz. De fait, le choix technologique des moyens de production se fera entre, d'un côté, des groupes diesel à moteur rapide, qui sont plus économiques à l'achat mais plus coûteux en fonctionnement (importante consommation de combustibles) et, de l'autre, des groupes semi-rapides, plus efficaces, et qui combinent à l'inverse un CAPEX plus élevé pour un OPEX plus réduit.

Depuis le milieu de la décennie est constatée une réduction des coûts de la technologie photovoltaïque qui permet d'envisager une composante solaire compétitive par rapport aux combustibles fossiles. Il faut cependant noter deux éléments clés : en premier lieu, ces solutions sont très gourmandes en CAPEX initial et leur amortissement, au vu du prix actuel du fioul, exigent des durées de vie des projets supérieures à dix ans. En second lieu, le caractère intermittent et diurne de l'énergie solaire limite la proportion de cette énergie qui peut être introduite dans un système de production d'énergie sans le déstabiliser.

(7) Banque mondiale (2015), rapport sur « Le potentiel transformateur de l'industrie minière, une opportunité pour l'électrification de l'Afrique subsaharienne ».

S'il est aujourd'hui réaliste de penser pouvoir remplacer 10 à 20 % de la consommation de fioul par de l'énergie solaire dans les centrales fioul typiques du secteur minier, l'avènement de batteries de stockage de l'électricité moins onéreuses et plus efficaces conjugué à l'augmentation des prix du pétrole devrait permettre de porter cette part à 30 % et plus d'ici à quelques années.

#### Investir ou externaliser la production d'énergie ?

Deux modèles économiques principaux s'offrent aux exploitants miniers contraints à l'autoproduction.

Dans le premier modèle – le plus courant dans l'industrie minière –, la mine investit et devient propriétaire des actifs de production d'électricité au même titre qu'elle l'est des équipements miniers. Cette solution offre un grand niveau d'indépendance à la mine, en particulier dans les cas où des incertitudes sur la ressource ne lui permettent pas de sous-traiter la production d'énergie sur une durée minimale de dix ans voire plus. En revanche, ce schéma exige de l'exploitant minier qu'il mobilise des fonds propres pour financer un investissement dans une activité non minière. Il demande en outre de justifier de compétences particulières qui devront parfois être sous-traitées à des professionnels de l'énergie.

Dans le second modèle, la mine confiera son approvisionnement en énergie à un spécialiste, le producteur indépendant d'électricité (IPP ou Independent Power Producer), sur la base d'un contrat (PPA ou Power Purchase Agreement). Le producteur développera le projet (il devra notamment obtenir les permis requis), réalisera les investissements nécessaires, construira, puis exploitera la centrale. Dans ce schéma, l'IPP n'aura généralement pas d'autre acheteur que la mine pour l'énergie produite du fait de l'isolement du site, il aura donc besoin pour pouvoir amortir ses actifs que la mine s'engage dans la durée sur des volumes d'achat d'énergie. Si le contrat d'achat porte sur une durée de dix ans ou plus, une composante énergie solaire sera alors probablement une solution bien plus compétitive indépendamment de l'évolution du prix du fioul ; elle permettra de réduire la consommation de carburant durant les heures d'ensoleillement.

Ainsi, le groupe IAMGOLD a confié à Total Eren et à son partenaire AEMP l'approvisionnement en électricité photovoltaïque de sa mine d'or d'Essakane au Burkina Faso, signant pour cela un PPA s'étendant sur quinze ans pour une centrale solaire de 15 MWc. La compagnie B2Gold a choisi, quant à elle, d'investir sur ses fonds propres dans une centrale solaire de 7 MWc pour alimenter sa mine d'or d'Otjikoto en Namibie.

### L'hybridation de centrales au fioul en recourant aux énergies renouvelables

#### Le recours aux énergies renouvelables, une option avantageuse

L'utilisation des énergies renouvelables présente des avantages considérables pour les mines. D'une part, elles permettent de réduire la dépendance de celles-ci vis-à-vis des énergies fossiles en leur fournissant une énergie

compétitive, fiable, à prix fixe. D'autre part, elles réduisent l'impact environnemental de ces mêmes industries.

#### La réduction des coûts de transport et des besoins en carburant et en maintenance

L'implantation de centrales d'énergies renouvelables (solaire, éolien ou autre) près des sites des mines permet à celles-ci de réduire leurs coûts de transport et leurs émissions de CO<sub>2</sub> et de s'affranchir grandement de la lourde logistique associée à l'acheminement de carburants et lubrifiants pour alimenter les centrales thermiques. Dans les zones reculées, les frais de transport peuvent s'avérer considérables (prix des carburants élevés et fortement volatils). La solution renouvelable réduit les contraintes liées à l'approvisionnement en fioul ainsi que les heures de fonctionnement des moteurs des centrales précitées (et donc les dépenses liées à leur maintenance).

#### Des localisations propices au recours à l'énergie solaire, une technologie *a fortiori* mature

La majorité des sites miniers mondiaux sont situés en zone intertropicale (l'Australie, le Nord du Chili ou l'Afrique subsaharienne), une zone où l'irradiation solaire est souvent intense. Ces rendements solaires élevés permettent aujourd'hui de construire des fermes solaires dont l'emprise au sol varie de 1,5 à 2 ha/MW.

Le solaire photovoltaïque est aujourd'hui une technologie mature largement déployée dans le monde, que ce soit en production pour les réseaux électriques ou pour les industries. Les volumes sont tels qu'ils ont permis une réduction drastique des coûts des équipements et de leur installation depuis une dizaine d'années. Ainsi, d'après l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), les coûts de production d'électricité solaire auraient chuté de 73 % entre 2010 et 2017, et de 23 % pour ce qui concerne l'électricité éolienne. Enfin, les centrales solaires sont modulables : elles peuvent donc être facilement adaptées en termes de taille et donc répondre rapidement et aisément à l'évolution des besoins.

#### Un impact environnemental réduit

S'approvisionner en énergie renouvelable permet à la mine de réduire non seulement ses coûts opérationnels, mais aussi son impact carbone, et donc son exposition à l'instauration de possibles taxes carbone. En outre, cela démontre aux investisseurs et aux autorités des pays hôtes que l'activité minière est compatible avec un engagement responsable en faveur de l'environnement, en permettant, le cas échéant, de fournir une énergie plus propre et plus économique aux communautés vivant à proximité des sites miniers.

### Le cas de la centrale hybride solaire-thermique Essakane Solar développée par Total Eren et AEMP pour alimenter la mine d'or de IAMGOLD

#### Un projet inédit pour l'industrie des énergies renouvelables et pour le secteur minier

Filiale burkinabè d'IAMGOLD, IAMGOLD Essakane SA constitue l'une des plus grandes compagnies privées du Burkina Faso, et l'une des plus grandes mines d'Afrique

Photo © Wärtsilä



Figure 2 : Essakane Solar est la plus grande centrale hybride solaire-thermique au monde et est l'une des plus grandes installations solaires d'Afrique subsaharienne.

de l'Ouest avec une production de 389 000 onces d'or en 2017. Située dans une région reculée, la mine n'est pas connectée au réseau national d'électricité, elle dépend d'un parc de générateurs diesel pour son alimentation électrique.

Dans ce contexte, IAMGOLD a fait appel à Total Eren et à AEMP pour mettre en place un plan de transition énergétique durable, en signant, en mars 2017, un PPA sur quinze ans visant à hybrider le système de générateurs diesel existant avec une capacité de production solaire de 15 MWc. Grâce à ce projet, Total Eren a réussi à créer une dynamique très positive parmi les acteurs locaux, illustrée un an plus tard (16 mars 2018) avec l'inauguration de la centrale par le président du Burkina Faso, le ministre de l'Énergie, ainsi que des représentants des communautés locales. La construction d'Essakane Solar a ainsi permis l'emploi durant huit mois de soixante-quinze habitants des communes des alentours. En outre, la centrale compte désormais un effectif permanent de quarante personnes, dont l'emploi est assuré pour les quinze prochaines années.

Essakane Solar représente un projet inédit pour l'industrie des énergies renouvelables et pour le secteur minier, dans un contexte plus large de développement de projets hybrides sur le continent africain. Il s'agit de la plus grande centrale hybride solaire-diesel du monde, et elle est l'une des plus grandes installations solaires d'Afrique subsaharienne (2018).

**Essakane Solar, le symbole d'une révolution énergétique en marche**

Constituée de trente mille panneaux photovoltaïques, la centrale Essakane Solar permet chaque mois de substituer de l'énergie solaire à environ cinq cents tonnes

de fioul. Elle devrait permettre à la mine de diminuer sa consommation totale de carburant d'environ six millions de litres de fioul par an et de réduire ses émissions annuelles de CO<sub>2</sub> d'environ 18 500 tonnes. Essakane Solar a par ailleurs engagé une procédure d'enregistrement des crédits carbone générés par le projet auprès du Programme des Nations Unies pour le développement.

Essakane Solar illustre une double révolution énergétique aujourd'hui en marche : d'une part, la baisse des coûts de la technologie photovoltaïque permet déjà au solaire de concurrencer les énergies fossiles et, d'autre part, la baisse des coûts des batteries de stockage de l'énergie permettra demain d'augmenter sensiblement la part du solaire dans les systèmes hybrides.

Cette expérience réussie représente le premier projet d'une longue série : forte de son savoir-faire, Total Eren est l'objet d'un vif intérêt de la part de nombreux acteurs du secteur. Soucieux de permettre aux industriels de se concentrer sur leur métier, Total Eren s'investit pour partager le plus largement possible son expérience avec l'industrie minière, en lui proposant des solutions d'énergie hybride adaptées à ses besoins et en contribuant à la baisse de ses coûts d'exploitation, sans qu'elle ait à déployer de capital supplémentaire.

## Conclusion

Les mines d'or doivent fréquemment investir des dizaines de millions de dollars dans des centrales fioul qui produisent une énergie coûteuse, car fortement dépendante des variations des cours du pétrole. En sa qualité de producteur indépendant d'électricité (IPP), Total Eren développe, construit et exploite des centrales solaires et

## À propos de Total Eren

Fondée en 2012 par Pâris Mouratoglou et David Corchia, Total Eren constitue un ensemble d'actifs substantiel et diversifié dans les énergies renouvelables (éolien, solaire et hydraulique) représentant une capacité de production brute installée de plus de 1 300 MW, que ce soit en exploitation ou en construction dans le monde. À travers des partenariats avec des développeurs locaux, Total Eren développe aujourd'hui de nombreux projets énergétiques dans des pays et régions où les énergies renouvelables constituent une réponse économiquement viable à une demande énergétique croissante, c'est le cas en Asie-Pacifique, en Afrique et en Amérique latine. Son objectif est d'atteindre une capacité globale nette installée de plus de 3 GW à l'horizon 2022. Le 1<sup>er</sup> décembre 2017, Total, qui est un acteur de premier plan dans le secteur énergétique, a acquis une participation indirecte de 23 % dans Total Eren. Pour en savoir plus, voir le site Internet : [www.total-eren.com](http://www.total-eren.com)

En Afrique, Total Eren, à travers sa filiale Winch Energy, développe, finance, construit et exploite des solutions d'énergies renouvelables pour les réseaux nationaux d'électricité et les populations non desservies par ces réseaux, ainsi que pour les grandes industries, les mines en particulier. En novembre 2016, Total Eren a concrétisé son premier projet en Afrique, avec la mise en production d'une centrale de 10 MW située à Soroti, en Ouganda. C'est à partir de 2017 que les premières unités d'électrification rurales Winch Energy ont été déployées en Mauritanie, au Bénin et en Ouganda. En décembre 2017, Total Eren a commencé la construction de deux centrales solaires de 63 MW chacune sur le complexe de Benban près d'Assouan, en Égypte. Plus récemment (en mars 2018), Total Eren a inauguré une centrale solaire de 15 MW qui vient en complément d'une centrale diesel de 57 MW, laquelle alimente la mine d'or d'Essakane au Burkina Faso.

hybrides fournissant de l'énergie fiable et compétitive au secteur minier, lui évitant ainsi de mobiliser des investissements dans des activités non stratégiques pour lui.

Développée, construite et financée par Total Eren et AEMP, la centrale d'Essakane Solar au Burkina Faso fournit, depuis le deuxième trimestre 2018, 15 MWc d'énergie solaire compétitive à la mine d'or d'Essakane du groupe canadien IAMGOLD. Le succès d'Essakane Solar souligne la capacité de Total Eren à mener un projet à son terme,

sans qu'il y ait besoin de faire appel à des subventions publiques. Il démontre également la pertinence économique et technique de l'hybridation des centrales au fioul en les couplant à de très grandes fermes solaires. Les prochains projets de Total Eren pour le secteur minier permettront de remplacer une proportion de plus en plus importante de fioul par de l'énergie solaire, et ce grâce à l'intégration de batteries toujours plus performantes.