

1. Le concept DESERTEC

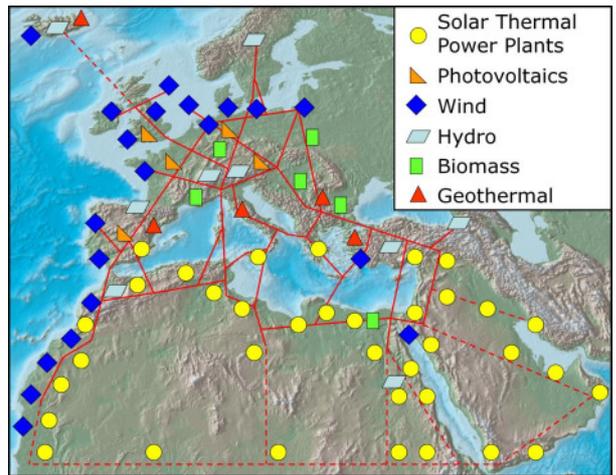
La plus grande ressource d'énergie techniquement accessible sur la planète est disponible dans les régions désertiques autour de l'équateur. Le **concept DESERTEC** a été conçu dans le but de mettre les déserts et la technologie au service d'une sécurité renforcée dans le domaine de l'énergie, de l'eau et du climat. Dans ce but, nous proposons que l'**Europe**, le **Moyen Orient (Middle East)** et l'**Afrique du Nord (EU-MENA)** commencent à coopérer pour la production d'électricité et d'eau dessalée en utilisant l'énergie solaire thermique à concentration et des éoliennes dans les déserts du MENA. Ces technologies peuvent répondre à l'augmentation de la demande d'électricité et de dessalement d'eau de mer dans la région du MENA, et produire de l'électricité propre qui peut être exportée par des lignes de transmission en **Courant Continu Haute Tension (CCHT ou HVDC)** avec de faibles pertes vers l'Europe (10 à 15%). D'un point de vue politique, la mise en œuvre du concept DESERTEC dans des pays comme l'Australie, la Chine, l'Inde et les Etats-Unis, serait encore plus simple.

Les technologies nécessaires pour réaliser le concept DESERTEC ont déjà été développées et sont pour certaines **en service depuis plusieurs décennies**. Basées sur des données satellites, plusieurs études du Centre Aérospatial Allemand (DLR) confirment le potentiel de l'énergie solaire. L'évolution des réserves énergétiques et la situation climatique augmentent l'urgence de d'appliquer ce concept. Seuls une volonté politique et un cadre incitatif adéquat sont aujourd'hui nécessaires.

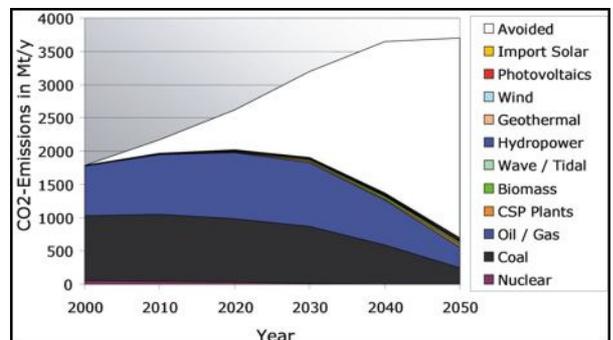
2. Le réseau TREC

La **Coopération Trans-Méditerranéenne pour les Energies Renouvelables (TREC)** a été fondée en 2003 par le Club de Rome, la Fondation Hambourgeoise pour la Protection du Climat et le National Energy Research Center de Jordanie (**NERC**). TREC, en coopération avec le Centre aérospatial allemand (**DLR**), a développé le **concept DESERTEC**, et réalisé les recherches nécessaires. Aujourd'hui, TREC fait de ce concept une réalité, en coopération avec des représentants du monde politique, industriel et financier. Une **Fondation DESERTEC** destinée à renforcer ces activités est en cours de création.

Le noyau dur de TREC est composé d'un **réseau international** de scientifiques, de politiciens et d'experts dans le domaine du développement et de l'application des énergies renouvelables. Les membres de TREC, environ 60 personnes (comprenant *Son Altesse Royale le Prince Hassan bin Talal de Jordanie*), sont en contact régulier avec des gouvernements nationaux et des investisseurs privés, afin de communiquer les bénéfices qui pourraient être retirés de l'utilisation combinée de l'énergie solaire et éolienne, et de promouvoir des projets spécifiques dans ce domaine. Des réseaux DESERTEC régionaux diffusent ces idées dans leurs pays d'origine.



Euro-Supergrid avec connexion EU-MENA : Schéma d'une infrastructure possible pour un approvisionnement électrique durable en EU-MENA.



Emissions attendues de CO₂ résultant de la production d'énergie électrique de tous les pays EUMENA en cas d'augmentation importante de l'efficacité énergétique (en Mio. de tonnes par an).

Courbe supérieure: Scénario avec un mix énergétique identique à celle en l'an 2000

Deuxième courbe du haut: Scénario décrit dans l'étude TRANS-CSP évitant les émissions de CO₂ par l'utilisation d'énergie renouvelable produite en UE ou importée du MENA.

TREC

Clean Power from Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation
An Initiative of The Club of Rome

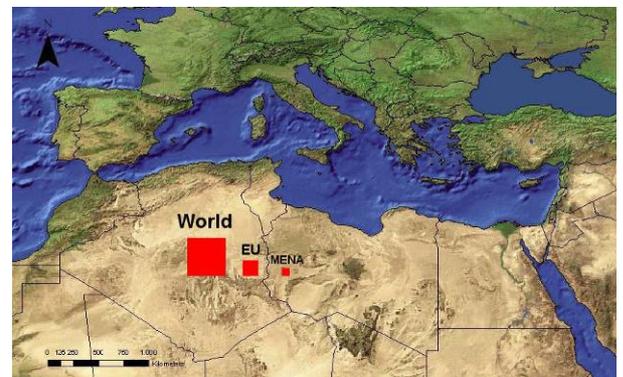


3. Trois études de la DLR

TREC a été fondée dans le **but de fournir de « l'énergie propre » et à bon marché pour l'EU-MENA** aussi rapidement que possible en se basant sur une coopération entre les pays de ces régions. TREC voit **l'électricité en provenance des déserts** comme un **complément** aux ressources européennes en énergie renouvelable ainsi qu'un moyen d'accélérer le processus de réduction des émissions européennes de CO₂ et d'augmenter la sécurité d'approvisionnement énergétique européenne. Pour les populations du Moyen Orient et d'Afrique du Nord (**MENA**), ce projet apporterait une fourniture importante d'énergie propre, des emplois, des sources de revenus économiques, des infrastructures améliorées, des possibilités de dessalement d'eau de mer, et de nombreux bénéfices potentiels (comme par exemple pour l'agriculture) apportés par l'ombre des collecteurs solaires (miroirs de Fresnel).

TREC a participé à la réalisation de **trois études** qui ont permis d'évaluer le potentiel des énergies renouvelables dans le MENA, les besoins attendus pour 2050 en eau et en énergie de ces pays, et la faisabilité d'une construction d'un **réseau de transport électrique** entre l'EU et le MENA (**Connexion EU-MENA**). Ces trois études ont été financées par le Ministère Fédéral Allemand de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sûreté Nucléaire (BMU) et dirigées par le **Centre Aéronautique et Spatial Allemand (DLR)**. Les études '**MED-CSP**' et '**TRANS-CSP**' ont été conduites entre 2004 et 2006. L'étude '**AQUA-CSP**' couvrant les aspects relatifs au dessalement solaire de l'eau de mer a été terminée fin 2007.

Des études satellites réalisées par la DLR ont démontré qu'en utilisant **moins de 0,3% de la surface totale des déserts** de la région MENA, on peut produire suffisamment d'électricité et d'eau douce pour répondre à l'augmentation des besoins de ces pays et de l'Europe. La production d'électricité à partir de **l'énergie éolienne** est particulièrement intéressante au Maroc et dans les régions autour de la Mer Rouge. L'électricité d'origine solaire et éolienne peut être distribuée en MENA au moyen de lignes **CCHT** (**Courant Continu à Haute Tension** ou **HVDC** pour **High Voltage Direct Current**) et acheminée vers l'Europe avec des pertes de transmission n'excédant pas 15%. La nouvelle Union pour la Méditerranée, qui regroupe de nombreux pays du MENA, est intéressée par ce type de coopération.



À titre d'illustration: Surface de centrales thermiques solaires qui permettrait de produire la quantité d'électricité actuellement consommée en MENA, en Europe (EU-25) et dans le monde entier. (Données fournies par le Centre Aéronautique et Spatial Allemand (DLR), 2005)

4. Les Technologies

Les centrales thermiques solaires à concentration (appelées aussi **Concentrating Solar Power - CSP**) sont **idéales pour produire de l'électricité solaire de manière sûre**. Ces centrales utilisent des miroirs pour concentrer la lumière du soleil et créer suffisamment de chaleur pour générer de la vapeur qui sert à actionner des turbines et des alternateurs produisant de l'électricité. Des réservoirs de chaleur (réservoirs de sels fondus) peuvent être utilisés pour stocker de la chaleur durant la journée afin d'**actionner les turbines pendant la nuit** ou bien lors de pics de consommation. Afin de garantir une production électrique ininterrompue en cas de longues périodes de mauvais temps (sans faire appel à des centrales de secours très chères), on peut alimenter aisément les turbines avec du pétrole, du gaz ou des biocarburants. La chaleur résiduelle du cycle de production d'électricité peut permettre (par cogénération) de **dessaler l'eau de mer** ou de **produire du froid**.

La raison première qui pousse à **favoriser les centrales CSP par rapport à la technologie photovoltaïque** est sa capacité à fournir de l'électricité sans interruption (24h sur 24). La technologie photovoltaïque a un coût plus

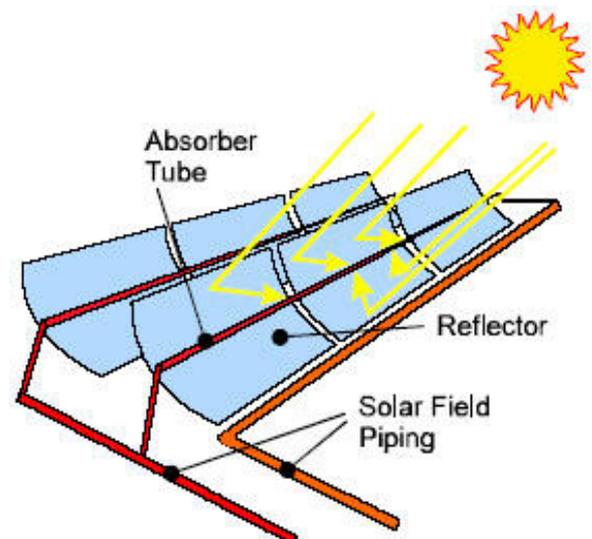


Schéma d'un **capteur cylindro-parabolique** (Une autre alternative au concentrateur cylindro-parabolique est le réflecteur composé de miroirs de **Fresnel** linéaires)

élevé et requiert des systèmes de stockage d'électricité relativement coûteux, comme le stockage par pompage hydraulique. Pour stocker l'énergie dans des stations de turbinage pompage en Europe à partir de nombreuses sources intermittentes comme le photovoltaïque ou l'énergie éolienne depuis le MENA, un grand nombre de lignes de transmission électrique, utilisées seulement quelques heures par jour à pleine puissance, seraient nécessaires.

La transmission électrique par ligne HVDC est beaucoup plus performante que l'utilisation d'hydrogène comme vecteur énergétique : en utilisant des lignes de transmission **Courant Continu Haute Tension (CCHT ou HVDC)**, les pertes en ligne peuvent être limitées à environ 3% tous les 1000 km. Bien que les pertes atteindraient environ 15% entre le MENA et l'Europe, celles-ci sont plus que compensées par le fait que les niveaux de radiation solaire dans les pays du MENA sont environ deux fois plus élevés que dans le sud de l'Europe. De plus, les variations saisonnières d'ensoleillement sont beaucoup plus faibles en MENA qu'en Europe.

Les technologies nécessaires pour réaliser le concept DESERTEC ont d'ors et déjà été développées et certaines sont en fonctionnement **depuis plusieurs décennies**. Près de 3 GW de lignes de transmission HVDC ont été déployées sur de longues distances par ABB et Siemens depuis de nombreuses années. En Juillet 2007, Siemens a remporté un appel d'offre visant la construction d'un système HVDC de 5 GW en Chine. Durant le World Energy Dialogue 2006 à Hanovre, des représentants des 2 compagnies ont confirmé la **parfaite faisabilité technique** d'une Euro-Supergrid et d'une **Connexion EU-MENA**.

Des centrales thermiques solaires sont exploitées commercialement à Kramer Junction en Californie depuis 1985. De nouvelles centrales de ce type, d'une capacité totale de **plus de 2000 MW** sont aujourd'hui en projet, en construction, ou déjà opérationnelles dans le monde. Le gouvernement espagnol a mis en place les conditions économiques favorables au développement du CSP par des mesures incitatives garantissant le rachat de l'électricité à **environ 26 centimes d'euro/kWh sur une durée de 25 ans**. Dans les régions plus ensoleillées, comme par exemple dans certaines régions favorables en Afrique, Amérique, Chine, Inde, Australie ou MENA, il est possible de diminuer ces tarifs garantis. D'après les estimations du DLR, si les centrales thermiques solaires étaient construites en grand nombre dans la décennie à venir, les coûts **pourraient être abaissés jusqu'à 4-5 centimes d'euro le kWh**. Parce que les coûts des matières premières nécessaires à la construction des centrales solaires augmentent moins vite que les prix des énergies fossiles, la technologie CSP devrait même devenir compétitive plus rapidement que prévu. Pour l'instant, de faibles capacités de production des éléments des centrales et une forte demande maintiennent des prix très élevés.

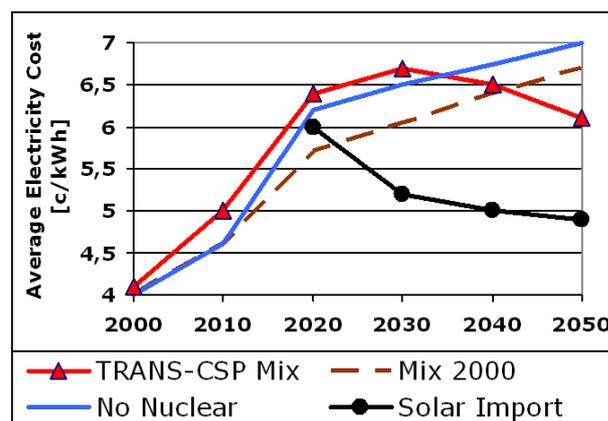


Champ de capteurs cylindro-paraboliques des centrales thermiques solaires à Kramer Junction (SEGS), Californie.

Year		2020	2030	2040	2050
Transfer Capacity GW		2 x 5	8 x 5	14 x 5	20 x 5
Electricity Transfer TWh/y		60	230	470	700
Capacity Factor		0.60	0.67	0.75	0.80
Turnover Billion €/y		3.8	12.5	24	35
Land Area km x km	CSP HVDC	15 x 15 3100 x 0.1	30 x 30 3600 x 0.4	40 x 40 3600 x 0.7	50 x 50 3600 x 1.0
Investment Billion €	CSP HVDC	42 5	143 20	245 31	350 45
Elec. Cost €/kWh	CSP HVDC	0.050 0.014	0.045 0.010	0.040 0.010	0.040 0.010

Capacité, Coûts & Surface:

Développement de la connexion EU-MENA- (marquée par 'HVDC') et Concentrating Solar Thermal Power (CSP) entre 2020 et 2050. (d'après le scénario de TRANS-CSP)



Exemple (en Allemagne) des **coûts de l'électricité prévus dans le futur**, comparaison entre le mix énergétique en l'an 2000 et le mix du scénario TRANS-CSP avec contribution de l'importation d'une partie de l'électricité solaire.

5. Mesures nécessaires pour réaliser le concept DESERTEC

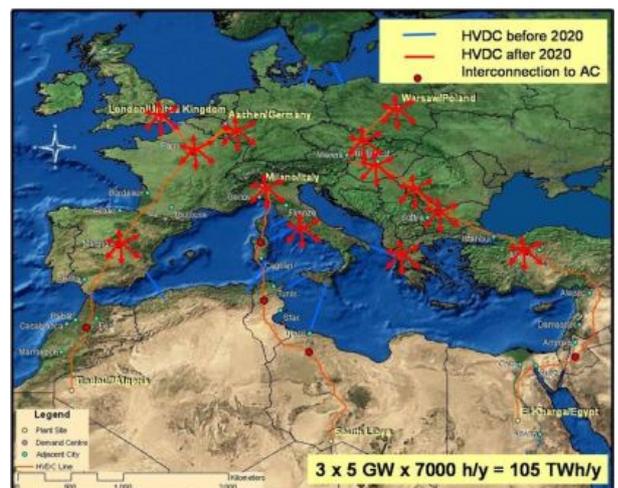
La **construction de nouvelles centrales thermiques solaires** a déjà commencé en Espagne et aux Etats-Unis (Andasol 1 et 2, Solar Tres, PS 10, Nevada Solar One). Il y a des projets en cours en Algérie, en Egypte et au Maroc et d'autres centrales sont prévues en Jordanie et en Libye. **Le Maroc crée une loi incitative de tarif d'achat** pour appuyer les énergies renouvelables et l'énergie éolienne en particulier. En Europe, des discussions sur la construction d'un réseau CCHT à travers l'Europe (**Euro-Supergrid**) sont en cours et les projets de fermes éoliennes offshore couplées à un réseau CCHT sont en train de voir le jour en Europe du Nord. L'Union pour la Méditerranée envisage la réalisation d'un Plan Solaire Méditerranéen et pourrait ainsi créer le cadre nécessaire au développement du concept DESERTEC en EU-MENA.

Un soutien gouvernemental sera nécessaire **lors des premières étapes** pour rendre la construction de centrales électriques et de lignes de transmission attractive pour les investisseurs privés afin que suffisamment de capacité solaire soit construite d'ici à 2050 pour couvrir **la demande croissante d'électricité en MENA** et disposer de **100 GW de puissance électrique pour l'exportation vers l'Europe** (l'équivalent d'environ 100 tranches nucléaires). Selon le DLR, moins de 10 milliards d'euros d'aide publique seraient nécessaires pour rendre la technologie CSP compétitive avec les centrales électriques à combustibles fossiles. Etant donné l'augmentation actuelle des coûts du pétrole et du gaz, ceci pourrait arriver bien plus tôt.

Les investissements nécessaires à la construction des réseaux et des centrales électriques pourraient être pris en charge par les gouvernements, mais des banques internationales et des investisseurs privés sont prêts à financer ces infrastructures une fois que les conditions nécessaires auront été réunies (comme il a été clairement défini pendant l'événement « 10,000 Solar GigaWatts » organisé par TREC lors de la Foire d'Hannovre 2008 – voir www.Energy1.tv). Des tarifs d'achat garantis et des garanties sur les investissements sont nécessaires pour que les choses bougent. Les pays d'Europe du Sud pourraient proposer des tarifs d'achat pour l'électricité propre produite en MENA. Il serait également possible que des politiques de tarifs d'achat garantis en MENA soient financées par des « **Crédits Energies Renouvelables** », que les pays européens achèteraient, afin d'atteindre leurs objectifs dans la protection du climat, ou (encore mieux) pour dépasser ces objectifs. Une attention particulière doit être maintenue pour s'assurer que les capacités de **production d'énergie renouvelable sur le territoire européen** soient développées pour qu'elles représentent la majorité des approvisionnements énergétiques européens à l'horizon 2050, comme montré dans le Scénario TRANS-CSP.

Le fait que l'objectif principal de développement des énergies renouvelables en MENA soit la satisfaction de la demande domestique ou l'export dépend de chacun des pays. Au Maroc par exemple, où les besoins énergétiques sont tellement grands, un système de crédit pourrait être proposé au démarrage. A l'inverse, la Tunisie, et l'Algérie en particulier, montrent un grand intérêt pour l'export d'électricité solaire.

Dès que les pays d'Europe du Sud commenceront à importer de l'énergie depuis le MENA, il y aura un effet direct sur des pays comme l'Allemagne qui exporte actuellement de l'électricité vers l'Europe du Sud. Cela laissera plus de capacité de production disponible pour l'Allemagne, réduisant ainsi le besoin de construire de nouvelles centrales thermiques fossiles et laissant de ce fait **plus de temps pour développer d'autres sources d'énergies renouvelables**. Des pays de toute l'Europe peuvent commencer à importer une certaine quantité d'énergie propre depuis les pays du Sud grâce aux câbles existants, mais **la construction de connexions CCHT à faibles pertes est nécessaire très rapidement**. La planification, les autorisations et la construction de lignes transfrontalières nécessitant plusieurs années, les études nécessaires doivent être démarrées aussi vite que possible.



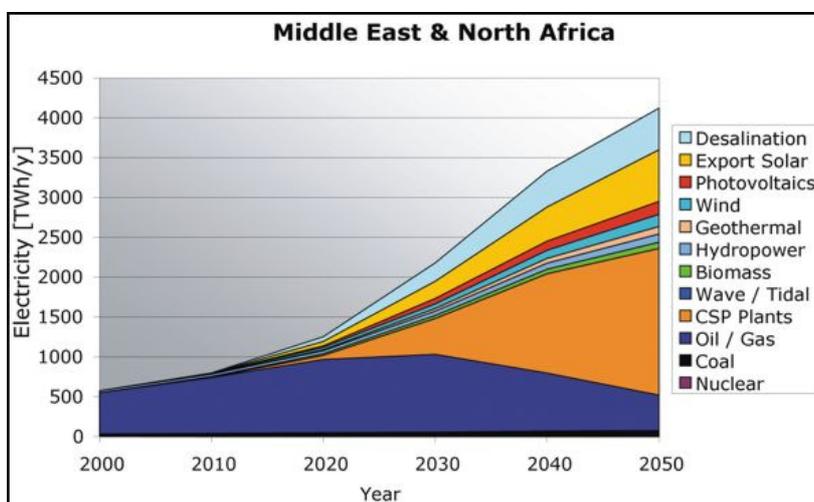
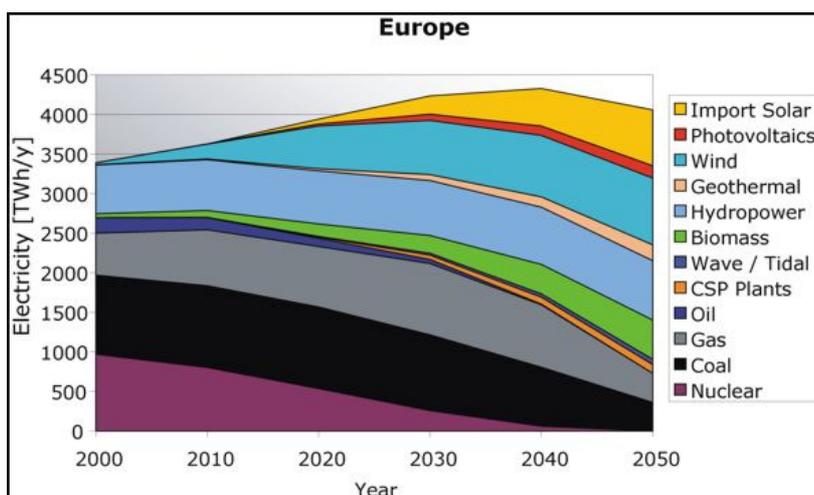
Connexion EU-MENA : lignes de transmission CCHT existantes et projetées avant 2020 (bleu) et trois tracés recherchés par le DLR (orange).

En plus de ces mesures directes de soutien, TREC propose **deux projets** pour aider à **réduire les coûts** de la technologie CSP et dans le même temps à **alléger certains problèmes sociaux et politiques**. Des études de faisabilité ont montré que ces projets sont techniquement possibles mais exigent un soutien financier et politique:

1. **Gaza Solar & Water Project : Construction de centrales CSP** (1 GW au total) pour la cogénération d'électricité et d'eau potable (par dessalement d'eau de mer). Ces centrales, dans le cadre d'un programme de réhabilitation internationale de Gaza, pourraient être situées en Egypte et fournir de l'électricité et de l'eau aux 2 à 3 millions d'habitants de la bande de Gaza. Ce projet pourrait améliorer considérablement les conditions de vie et réduire les tensions politiques dans la région de Gaza en limitant certaines sources potentielles de conflit liées à des pénuries d'eau et en instaurant une base pour un développement économique sain. L'investissement total nécessaire se chiffre à environ **5 milliards d'euros**.
2. **Sana'a Solar Water Project** : Ce projet vise la construction d'une **centrale solaire de dessalement** d'eau de mer au bord de la Mer Rouge ainsi que la construction d'une canalisation vers la capitale Yéménite Sana'a qui devra faire face à l'épuisement de ses réserves d'eau potable d'ici 15 ans. Ce projet pourrait **éviter un désastre humanitaire et des troubles sociaux au Yémen** et sauver en même temps un héritage culturel de notoriété mondiale. Déplacer une population de 2 millions de personnes de Sana'a vers de nouveaux lieux d'habitation coûterait environ 30 milliards d'euros. C'est une solution beaucoup plus coûteuse que les **5 milliards d'euros** nécessaires pour ce projet alternatif : permettre à la population de rester sur place en construisant des centrales thermiques solaires et un pipeline pour l'approvisionnement en eau.

Le scénario TRANS-CSP de la DLR montre **une approche viable**. De plus, les pays de la région EU-MENA ont, ensemble, **plus que le potentiel nécessaire pour opérer un changement complet** en faveur des énergies renouvelables pour la production d'électricité et pour le secteur des transports.

Vers le milieu du 21ème siècle, les **pays du MENA** pourraient avoir converti leurs déserts en sources inépuisables d'énergie propre ; dépassé les **limites de la croissance causées par la raréfaction des combustibles fossiles**. Dans le même temps, ils pourraient vendre de l'électricité propre aux pays européens, en aidant ainsi à réduire les émissions européennes de gaz à effet de serre **rapidement**, avec des **réductions à long terme du coût de l'électricité**.



Sécurité d'approvisionnement et climatique en EU-MENA d'après le scénario TRANS-CSP

6. Réponses aux questions fréquemment posées

"Est-ce simplement un nouveau moyen pour l'Europe d'exploiter l'Afrique ? Quels sont les bénéfices pour les communautés du MENA ?!?" »

- La **situation actuelle est basée sur l'exploitation** de ressources limitées comme le gaz et le pétrole, mais l'énergie solaire est pratiquement illimitée et ainsi, les propriétaires **ne peuvent pas être « exploités »**.
- **D'ici à 2050**, la région MENA **pourrait** devenir aussi prospère que **l'Europe** et a **besoin** de manière urgente des **énergies renouvelables** pour la cogénération **d'électricité et d'eau potable** (pris en compte dans l'étude TRANS-CSP).
- **L'économie de combustibles fossiles** sur le marché énergétique africain subventionné va permettre une vente plus avantageuse de ces ressources sur les marchés mondiaux.
- **Revenus de l'export** d'électricité en utilisant le potentiel inexploité des énergies renouvelables.
- **Des emplois**, en particulier dans la construction des collecteurs solaires ==> **revenus ==> création d'une classe moyenne, au lieu de l'émigration des ingénieurs qualifiés.**
- **Les conséquences du changement climatique** produit par l'Europe vont toucher en premier les régions du MENA, donc il est **normal que l'Europe supporte** l'introduction d'énergies renouvelables en MENA.
- **Le transfert technologique** et le développement **de programmes de formation et d'études** sur les énergies renouvelables en MENA sont clairement soutenus du côté européen dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée.

«L'Europe va devenir dépendante d'une fourniture électrique étrangère vulnérable à des attaques ! »

- Le mix électrique du scénario TRANS-CSP pour l'Europe en 2050 : 65% d'énergies renouvelables européennes, **17% d'importations d'électricité solaire, 18% de centrales thermiques de substitution et de pointe** ==> même la **perte** des 20 lignes CCHT en provenance du MENA peut être compensée jusqu'à leur réparation ou la mise en place d'une solution politique.
- **Il n'y aura jamais une seule très grande centrale solaire qui pourrait être endommagée facilement.** A la place, il y aura des centaines de centrales solaires au sein d'un réseau d'énergies renouvelables, réparties sur plusieurs continents.
- En utilisant une ressource d'énergie solaire économique et inépuisable, il y a aussi la possibilité de **charger des batteries** ou de générer de **l'hydrogène** en remplacement possible des combustibles fossiles utilisés dans les transports. De plus, il serait possible de conserver les **biocarburants** pour un usage dans les transports plutôt que de les utiliser pour produire de l'électricité.
- **L'énergie solaire** est virtuellement illimitée et **devient plus économique à mesure que les volumes augmentent** (au lieu de devenir plus cher comme d'autres sources d'énergie) ==> **pas de compétition ou de conflits possibles** pour des ressources régionales ou limitées en quantité, comme cela se passe pour le pétrole, le gaz et l'uranium.
- **Le pétrole, le gaz et l'uranium** peuvent être vendus **plus chers après des interruptions de fourniture** ==> **l'interruption des exportations d'électricité** issue de sources renouvelables engendre seulement **une perte de revenus** et non pas une augmentation des coûts.
- Une interruption des exportations d'électricité de la part d'un pays fournisseur conduirait à une **perte de confiance** dans ce pays ==> **moins d'investissements ==> moins de revenus d'exportation et moins d'emplois** dans le futur.
- Exemple de l'UE : l'interdépendance plutôt que l'autonomie **assure la paix et la cohésion.**
- **Les investisseurs, autant publics que privés, petits et grands,** peuvent / devraient / veulent investir dans les centrales électriques et dans les lignes de transmission.
- **Le temps est compté** : le changement climatique et les augmentations de prix nous menacent ==> **les énergies renouvelables décentralisées et celles interconnectées au-delà des frontières sont complémentaires.**