

# Rapport

## **RECONSTRUIRE L'UKRAINE**

### **QUELLES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES**

### **POUR L'UKRAINE**

### **ET L'UNION EUROPÉENNE ?**

**Décembre 2022**

# SOMMAIRE

INTRODUCTION

SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS

- I. L'UKRAINE, UN ACTEUR SIGNIFICATIF DU GAZ
- II. LE NUCLEAIRE : UN ATOUT DANS LE MAILLAGE ENERGETIQUE DE L'EUROPE DE DEMAIN
- III. LE CHARBON : UN POTENTIEL SIGNIFICATIF
- IV. L'UKRAINE ET SES RESEAUX ELECTRIQUES
- V. ENERGIES RENOUVELABLES ET HYDROGENE : AU CŒUR DE LA RECONSTRUCTION D'UNE UKRAINE EUROPEENNE
- VI. L'UKRAINE FACE AUX FUTURS DEFIS ENERGETIQUES DE L'UNION EUROPEENNE

CONCLUSION

LISTE DES MEMBRES DU GROUPE DE REFLEXION DE SYNOPIA

ANNEXES – CARTES & TABLEAUX

\* \* \*

## SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

1. Prendre en compte l'interruption à terme des transits de gaz russe par l'Ukraine dans les scénarii des futurs approvisionnements gaziers européens, ainsi que l'intégration de l'Ukraine dans l'ensemble des futurs besoins européens.
2. Trouver une solution, au niveau de l'UE, pour couvrir les futurs besoins de gaz par de nouvelles sources d'approvisionnement.
3. Intégrer demain les capacités de stockage de gaz existantes à l'ensemble du réseau européen, au bénéfice de tous.
4. Prendre en compte le potentiel nucléaire ukrainien pour développer ensemble des unités du futur, tout en solidifiant les garanties collectives de sûreté et de maîtrise du cycle combustible, tous deux indispensables pour développer cette source d'énergie essentielle pour l'Europe de demain. La France a un rôle à jouer pour fédérer les coopérations dans ce domaine avec les pays européens équipés de réacteurs VVER, et tout particulièrement dans le cadre de la reconstruction de l'Ukraine.
5. Mobiliser le potentiel charbonnier de l'Ukraine, qui est majeur et dépendra de l'issue du conflit (l'essentiel des réserves est situé à l'Est du pays). Cela permettra, dans un premier temps, d'assurer une part significative en électricité et chaleur du pays. Ultérieurement, la part du charbon devrait baisser compte tenu des enjeux climatiques. Dans l'immédiat, l'Ukraine pourrait bénéficier d'importation de charbon en provenance d'Allemagne ou de Pologne pour compenser le déficit d'approvisionnement depuis le Donbass, sous réserve de développer une logistique adéquate.
6. Moderniser le réseau intérieur d'électricité pour permettre son raccordement avec les réseaux de l'UE, et développer les interconnexions, notamment vers la Pologne.
7. Mieux évaluer le potentiel des EnR et de l'hydrogène afin d'actualiser la stratégie du pays.
8. Établir un plan de développement des EnR et de l'hydrogène bas carbone intégrant un volet d'exportation vers l'UE, et pas seulement vers l'Allemagne.

## INTRODUCTION

À l'heure où l'issue de la guerre en Ukraine reste incertaine et ébranle le monde entier avec ses conséquences politiques, économiques et énergétiques, Synopia s'est penché sur les perspectives moyen-long terme de la situation énergétique en Ukraine.

L'Ukraine dispose d'atouts avec des réserves importantes de charbon et de gaz qui aideront à la reconstruction de sa matrice énergétique, même si une partie significative de ces réserves sont situées dans les territoires convoités par la Russie.

L'Union européenne devra intégrer la dimension ukrainienne dans sa réflexion sur son autonomie énergétique et sa sécurité d'approvisionnement.

Nous nous sommes concentrés, dans un premier temps, sur le charbon, le nucléaire et le gaz naturel, énergies dont dispose l'Ukraine, ne faisant pas mention du pétrole dont l'Ukraine est dépendante et qui le restera, mais qui est minoritaire dans leur balance énergétique. Nous abordons ensuite les sujets des énergies renouvelables et de l'hydrogène, composantes à part entière d'une stratégie énergétique de long terme, ouverte sur l'UE.

### I. L'UKRAINE, UN ACTEUR SIGNIFICATIF DU GAZ

#### a. Transit du gaz russe : quel avenir ?

L'attaque de l'Ukraine par la Russie a bouleversé la perception que l'on pouvait avoir de l'Ukraine dans le contexte européen. Jusqu'en février 2022, l'Ukraine était essentiellement vue comme un pays de transit du gaz russe avec, en sus, gravé dans la mémoire collective, l'accident de la centrale de Tchernobyl qui a profondément marqué l'exploitation du nucléaire européen et mondial.

En réalité, l'Ukraine est un grand pays gazier à l'échelle de l'Europe. Même si les quantités de gaz russe qui transitaient par l'Ukraine ont régulièrement diminué depuis la mise en route du gazoduc Nord Stream 1 (NS1) en 2005, elles restent aujourd'hui les seules qui continuent d'alimenter l'Europe en gaz russe à la suite de l'arrêt des gazoducs NS1 et Yamal-Europe qui acheminaient le gaz à travers la Biélorussie et la Pologne.

Les livraisons russes ont ainsi été considérablement réduites en passant de 150 Gm<sup>3</sup> en 2021 à 60 Gm<sup>3</sup>, avec une capacité d'adaptation inattendue des pays de l'UE, notamment pour les pays du nord de l'Europe les plus dépendants du gaz russe, dont l'Allemagne dépendante à 50 %, et les pays baltes dépendants à 74 % en 2021. Seule la Lituanie avait anticipé cette dépendance excessive en développant un terminal de GNL (Gaz Naturel liquéfié) à Klaipeda, opérationnel depuis 2017. L'exemple balte mérite d'être souligné, avec des accords de solidarité signés entre la Lituanie, l'Estonie, la Lettonie et la Finlande, ces deux derniers pays ayant décidé de développer conjointement un terminal flottant de stockage et de regazéification (FSRU ou Floating Storage and Regasification Unit).

#### **Recommandation 1 :**

**Dans cette perspective, nous recommandons de prendre en compte l'interruption à terme des transits de gaz russe par l'Ukraine dans les scénarii des futurs approvisionnements gaziers européens, ainsi que l'intégration de l'Ukraine dans l'ensemble des futurs besoins européens.**



### b. Des réserves gazières importantes, mais insuffisantes pour sa consommation propre

Le mix énergétique ukrainien repose sur le triptyque « charbon / gaz / nucléaire », qui représente 80 % de sa matrice énergétique. Avec 20 Gm<sup>3</sup>/an, l'Ukraine est le 4<sup>ème</sup> producteur européen de gaz derrière la Norvège, le Royaume-Uni et les Pays-Bas. Les réserves, estimées par les experts internationaux à plus de 1 000 Gm<sup>3</sup>, sont considérables au regard de la production actuelle, avec des réserves en gaz de schiste dans les régions actuellement sous contrôle russe du Donbass (Donetz et Kharkov), et des réserves importantes non encore développées au large de la Crimée.

Cette production de gaz ne couvre pas les besoins de consommation propre de l'Ukraine qui s'élèvent à 30 Gm<sup>3</sup>/an. Les 10 Gm<sup>3</sup> complémentaires à la production domestique étaient couvertes par des importations russes, elles-même en partie couvertes par les droits de transit.

#### **Recommandation 2 :**

**Trouver une solution au niveau de l'UE pour couvrir ces futurs besoins en gaz par de nouvelles sources d'approvisionnement.**

### c. Des capacités de stockage souterrain de gaz : un atout majeur

L'Ukraine dispose d'un atout majeur sur la scène gazière européenne avec des capacités actuelles de stockage qui vont bien au-delà de ses besoins propres. Ses 12 sites de stockage installés sur d'anciens gisements producteurs avec une capacité totale de 31 Gm<sup>3</sup>, soit 25 % de la capacité européenne, étaient d'ailleurs partiellement utilisés par la Russie jusqu'en février 2022 pour assurer la modulation de ses contrats de livraisons de gaz à l'Europe.

La crise énergétique actuelle nous a fait redécouvrir l'importance des stockages, à la fois pour satisfaire les besoins en hiver, mais également permettre une sécurité globale d'approvisionnement en cas de difficulté de l'une des sources.

**Recommandation 3 :**

**Intégrer demain les capacités de stockage existantes à l'ensemble du réseau européen, au bénéfice de tous.**

**d. Insérer l'Ukraine dans le dispositif gazier européen : quels défis ?**

L'Ukraine aura besoin de diversifier ses approvisionnements en substitution du gaz russe. Déjà reliée au réseau européen de gazoduc, il sera aisé de connecter le réseau de gaz ukrainien pour satisfaire ses approvisionnements futurs, notamment en provenance d'Asie centrale ou de Méditerranée orientale qui constitueront les futures sources d'approvisionnement par les gazoducs de l'Europe.

Des contrats complémentaires pourront être conclus avec les terminaux de regazéification de Pologne et de Roumanie afin de permettre le transit des approvisionnements complémentaires.

Enfin, lorsque les conditions le permettront, un stockage flottant de GNL pourra être mis en place à Odessa, assurant un accès indépendant pour l'Ukraine et une complémentarité désormais indispensable entre les gazoducs et les terminaux méthaniers de GNL.

## **II. LE NUCLÉAIRE : UN ATOUT DANS LE MAILLAGE ÉNERGÉTIQUE DE L'EUROPE DE DEMAIN**

Avec la guerre, l'Ukraine est redevenue synonyme de peur du nucléaire sous toute ses formes. Conditionnés par le souvenir de la catastrophe de Tchernobyl et les menaces d'emploi de la bombe atomique faites par le président Poutine, nous ne pouvons qu'être inquiets de l'effet des frappes militaires éventuelles sur des centrales nucléaires de production d'électricité du pays.

Cependant le nucléaire ukrainien est important pour le pays et bien connu du monde occidental. Il est susceptible de constituer un atout dans le maillage énergétique de l'Europe de demain.

**a. Une source d'énergie primordiale et sûre**

Avec 50 % de son électricité d'origine nucléaire, l'Ukraine est le deuxième pays producteur européen dans ce domaine après la France, avec une puissance de production installée de 13 GW (64 GW pour la France)

Les 15 réacteurs (plus 2 en construction) sont installés sur quatre sites, dans les parties sud et ouest du pays (cf. illustration cartographique), et actuellement, *a priori*, en dehors de « l'appétit » territorial de Vladimir Poutine, à l'exception notable de la centrale de Zaporijja à la frontière de la zone contestée (6 réacteurs, mais 50% du potentiel de production) dont le sort demeure incertain.

Tous sont issus de la technologie soviétique VVER (réacteur à eau sous pression), équivalente au PWR occidental (Pressurized Water Reactor), fonctionnant avec des boucles primaires à eau pressurisée. Dans ce procédé, l'eau joue à la fois le rôle de fluide caloporteur évacuant la chaleur produite par la réaction nucléaire vers les circuits d'entraînement des turbines de production d'électricité, et celui de modérateur neutronique participant à la régulation de ladite réaction.

Nous sommes donc loin de la technologie de la centrale de Tchernobyl, beaucoup moins stable, et donc sensible à des fausses manœuvres à l'origine de l'accident de 1986. Les 4 réacteurs du site sont arrêtés depuis plus de 20 ans, et il n'en existe aucun autre du même type en Ukraine.

#### **b. Une communauté nucléaire plus occidentalisée qu'on ne l'imagine**

Les réacteurs du type VVER 1000 et bientôt 1200, fleurons de l'industriel d'État russe Rosatom, sont présents dans la plupart des pays d'Europe centrale : Ukraine, Hongrie, Slovaquie, République Tchèque, Roumanie, ainsi qu'en Finlande. Ils sont aussi exportés ailleurs dans le monde : Turquie, Iran, Inde, Chine, etc.

Depuis les années 1990, dans le contexte post-Tchernobyl et de la fin de la guerre froide, les relations Est-Ouest dans le domaine de l'énergie atomique ont évolué rapidement, de manière positive, avec l'entrée en vigueur de conventions, juridiquement contraignantes, sur la sûreté nucléaire, y compris pour ce qui régit le cycle du combustible (gestion et déchets).

Des autorités de sûreté et une réglementation renforcée ont été mises en place dans chacun des pays concernés. Une délégation de Synopia a pu en être témoin lors d'un voyage à Budapest en juin 2019, au cours duquel nous avons rencontré un certain nombre de hauts responsables, d'influenceurs et de décideurs hongrois. M. Pal Kovacs, Secrétaire d'État à l'énergie atomique et son équipe nous ont décrit en détail le travail effectué pour satisfaire progressivement les critères de sûreté nucléaire occidentaux, durant le parcours d'entrée de la Hongrie dans l'Union européenne. En parallèle, des programmes de coopération technique et industrielle ont été mis en place avec les sociétés d'Europe de l'Ouest, comme nous avons pu le constater à Budapest.

En conséquence, Rosatom a aujourd'hui besoin de présenter un contenu de technologie occidentale dans ses offres à l'exportation de réacteurs, car les gouvernements de ces pays sont tributaires de consortium financeurs qui exigent, en guise de garantie, l'occidentalisation de composants critiques, faute de régulateur sur lequel s'appuyer. En Europe, les entreprises capables de telles fabrications sont essentiellement françaises et britanniques.

C'est ainsi que le numéro 2 de Rosatom déclarait il y a peu : « Il y a un milliard d'euros de fourniture d'origine France dans chaque unité VVER que nous exportons. ». De même, c'est une société américaine – Westinghouse – qui, depuis 12 ans, à partir d'une usine implantée en Suède, est devenue le principal fournisseur du combustible des centrales nucléaires d'Ukraine, en même temps que celles de la Finlande, et plus récemment de la République Tchèque.

#### **c. Un apport important à l'Europe de l'énergie**

L'Ukraine se rapproche de l'Union européenne avec un sérieux atout nucléaire. Son entrée dans Euratom, le club européen de l'énergie atomique<sup>1</sup>, en fera de loin le second pays de l'Union dans ce domaine, même avant le retrait récent de la Grande-Bretagne de l'UE.

#### **Recommandation 4 :**

**Prendre en compte le potentiel nucléaire ukrainien pour développer ensemble des unités du futur, tout en solidifiant les garanties collectives de sûreté et de maîtrise du cycle combustible, tous deux indispensables pour développer cette source d'énergie essentielle pour l'Europe de demain. La France a un rôle à jouer pour fédérer les coopérations dans ce domaine avec les pays européens équipés de réacteurs VVER, et tout particulièrement dans le cadre de la reconstruction de l'Ukraine.**

<sup>1</sup> La Communauté Européenne de l'Énergie Atomique, mieux connue sous le nom d'EURATOM, créée par le Traité de Rome en mars 1957, coordonne les programmes de recherche des pays de l'UE.

### III. LE CHARBON : UN POTENTIEL SIGNIFICATIF

L'Ukraine est connue depuis 100 ans pour son potentiel charbonnier qui représente, avec 32 Gt, 90 % de ses réserves d'énergie fossile, soit 500 ans au rythme de production actuel. Ces réserves classent l'Ukraine au 8<sup>ème</sup> rang mondial. Elles sont localisées essentiellement dans l'Est du pays. Le charbon occupe donc une place significative dans l'économie du pays. Il représente 30 % environ du mix énergétique, devant le gaz (26 %), le pétrole (15 %) et le nucléaire (24 %). Il est consommé pour l'essentiel dans l'industrie et le chauffage urbain et pour la production d'électricité. La production nationale ne couvre cependant que 55 % de la consommation.

Le rattachement forcé de la Crimée à la Russie en 2014 a amplifié les revendications d'autonomie des régions indépendantistes du Donbass à l'est du pays (Donetsk, Luhansk) qui représentaient à l'époque 70 % de la production de charbon, et la totalité de l'anhracite (charbon à combustion lente). Seuls restent sous contrôle ukrainien les gisements localisés au sud, à Dnipopetrovsk, et à l'ouest, à Lviv.

La guerre du Donbass a fait chuter la production de charbon de 20 à 30 %. Des installations minières ont été détruites, de même que des liaisons logistiques. De ce fait, l'Ukraine a été amenée à renforcer ses importations de charbon, notamment en provenance d'Afrique du Sud.

#### **Recommandation 5 :**

**Mobiliser le potentiel charbonnier de l'Ukraine, qui est majeur et qui dépendra de l'issue du conflit (l'essentiel des réserves est situé à l'Est du pays). Cela permettra, dans un premier temps, d'assurer une part significative en électricité et chaleur du pays. Ultérieurement, la part du charbon devrait baisser compte tenu des enjeux climatiques. Dans l'immédiat, l'Ukraine pourrait bénéficier d'importation de charbon en provenance d'Allemagne ou de Pologne pour compenser le déficit d'approvisionnement depuis le Donbass, sous réserve de développer une logistique adéquate.**

### IV. L'UKRAINE ET SES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

Le système électrique ukrainien s'est construit à l'époque soviétique. Les liens avec la Russie et la Biélorussie ont joué un rôle clé pendant des années pour la sécurité d'approvisionnement du pays.

La révolution orange en 2004 marque une volonté de rapprochement de l'Ukraine avec l'Union européenne. Les manifestations pro-européennes en 2014 « Euromaïdan » concrétisent cette orientation politique. Sur le plan électrique, cela se traduit par une volonté politique de raccordement du réseau ukrainien au réseau européen, afin de ne plus dépendre de ses voisins russes et biélorusses. Des discussions sont engagées avec l'UE, en particulier entre Ukrenergo, responsable du réseau de transport d'électricité ukrainien, et ses homologues européens d'ENTSOE.

L'UE a d'ores et déjà procédé à un fonctionnement du système électrique ukrainien en mode isolé, conformément aux règles d'ENTSOE. Un premier test a commencé le 24 février 2022, jour de l'invasion du pays par la Russie. Sans attendre un deuxième test qui aurait pu être réalisé à l'été 2022, ENTSOE accepte le 16 mars 2022 une synchronisation en urgence des réseaux ukrainien et moldave avec le réseau européen, un signal fort tant sur le plan énergétique que politique.

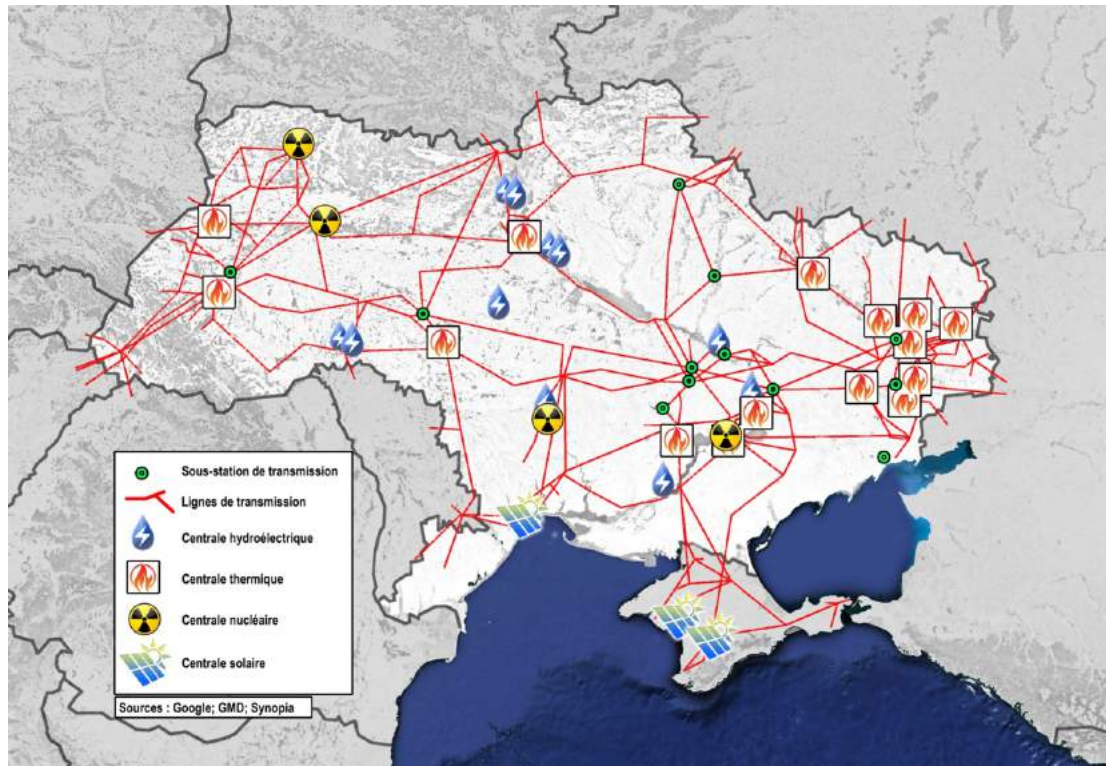
Pour des raisons historiques, le réseau ukrainien est peu raccordé avec le réseau européen. Seule la partie du nord-est du pays (Bushtyn Island) est interconnectée avec le Slovaquie, la Hongrie et la Roumanie.



Les échanges d'électricité avec ses voisins européens se sont, dès lors, développés rapidement, contribuant à la sécurité d'approvisionnement du pays, mais aussi de ses partenaires européens.

**Recommandation 6 :**

**Moderniser le réseau intérieur pour permettre son raccordement et développer les interconnexions notamment vers la Pologne.**



## V. ÉNERGIES RENOUVELABLES ET HYDROGÈNE : AU CŒUR DE LA RECONSTRUCTION D'UNE UKRAINE EUROPÉENNE

La stratégie énergétique de l'Ukraine établie en 2017 vise :

- à atteindre 25 % d'électricité renouvelable dans le mix énergétique d'ici 2025 ;
- à réduire la dépendance aux importations sur l'ensemble des besoins énergétiques à moins de 33 % ;
- et à intégrer l'Ukraine dans les marchés de l'énergie de l'Union européenne.

Outre l'objectif de décarbonation que l'Ukraine partage avec les autres pays, le développement des énergies renouvelables présente un double enjeu pour (a) accroître l'indépendance énergétique du pays, (b) rendre possible le développement de la production d'hydrogène électrolytique à grande échelle à partir d'énergies renouvelables pour en faire un atout à l'exportation.

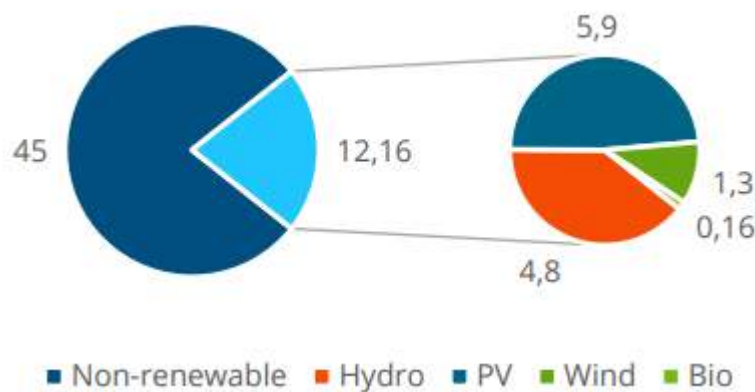


### a. Les ENR : un potentiel diversifié à mieux évaluer et développer

En raison de son vaste territoire, 579 000 km<sup>2</sup>, plus vaste que la France, au relief peu accidenté, et de zones à fort rayonnement solaire et à vitesse de vent élevée, l'Ukraine dispose de conditions favorables à la production d'énergie renouvelable éolien ou photovoltaïque à un coût relativement faible.

Le potentiel de l'Ukraine est également significatif en matière de biomasse.

La part des énergies renouvelables dans le mix énergétique total est aujourd'hui inférieure à 5 % : essentiellement issue de l'hydroélectricité et d'énergie solaire et éolienne, exclusivement terrestre à ce stade<sup>2</sup>.



Capacité d'électricité installée en 2019 en GW Source : DENA

Entre 2014 et 2020, les capacités de ces dernières sont passées de 0,97 GW à 8,5 GW grâce à un investissement de 8 milliards d'euros. Mais le développement du secteur des EnR est contrarié par les tergiversations de la politique de subvention et les limitations pesant sur les réseaux de transport d'électricité.

Quant au potentiel de développement desdites EnR, il est estimé de façon très variable selon les sources, et s'il apparaît important, demeure essentiellement tributaire de son coût.

Le graphique suivant, établi par l'institut allemand *Fraunhofer*, indique le coût du MWh en fonction du potentiel recherché de production annuelle d'électricité.

<sup>2</sup> Dena, 2021, green H2 in Ukraine.



L'institut Fraunhofer en conclut que « le potentiel de développement des ENR en Ukraine à un coût limité à 80 €/MWh correspond à une capacité de production de 2 100 TWh annuels ». Ce qui est considérable.

**b. L'hydrogène, vecteur de développement et fondement possible d'un partenariat de long terme entre l'Ukraine et l'UE**

Ainsi l'Ukraine est très bien placée pour devenir un partenaire de long terme capable de fournir l'Europe en hydrogène, sachant que la demande d'électricité en Allemagne s'élève actuellement à 560 TWh/an environ, chiffre très inférieur au potentiel ENR ukrainien !

Il n'est donc pas surprenant que dans un document paru il y a plus de deux ans déjà, le 8 Juillet 2020, la Commission européenne, rendant publique sa « stratégie de l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre », mentionne l'Ukraine comme partenaire prioritaire, au côté des « pays voisins du Sud » (comprendre : l'Afrique du Nord).

Ce plan ambitieux vise à atteindre 2 x 40 GW de puissance productive d'hydrogène par électrolyse installée<sup>3</sup> d'ici 2030, afin de profiter du développement mondial de l'hydrogène propre comme vecteur énergétique.

Cette stratégie s'est ensuite intégrée dans le « *European Green Deal* » porté par la présidente de la commission européenne Ursula Van der Leyen, puis a été déclinée dans le paquet de législations « fit for 55 ».

Sur les 40 GW d'électrolyseurs à localiser en dehors de l'UE, 8 à 10 GW, soit près du quart, se trouveraient ainsi en Ukraine, permettant la production d'environ un Million de tonnes (Mt) d'hydrogène par an grâce à la combinaison de l'énergie solaire photovoltaïque ou thermique et de l'énergie éolienne terrestre qui fourniraient l'électricité nécessaire.

<sup>3</sup> Également appelé hydrogène d'origine décarbonée.

Le pays n'aurait besoin que du quart de cette production d'hydrogène pour satisfaire les besoins de son marché intérieur, en particulier la fabrication d'engrais pour les cultures céréalières.

Ces investissements permettraient de couvrir environ 12 % de la demande totale d'hydrogène de l'UE en 2030, comme le prévoyait la feuille de route de l'UE sur l'hydrogène.

Selon Hydrogen Europe (un groupement professionnel des industriels européens du secteur), les financements considérables à mobiliser pour ce faire devront être abondés par une subvention annuelle d'un milliard d'euros, soit l'équivalent de ce que la France mobilise pour son propre plan Hydrogène.

**Recommandation 7 :**

**Mieux évaluer le potentiel des EnR et de l'hydrogène afin d'actualiser la stratégie du pays.**

**Recommandation 8 :**

**Etablir un plan de développement des EnR et de l'hydrogène bas carbone intégrant un volet d'exportation vers l'UE, et pas seulement vers l'Allemagne.**

## **VI. L'UKRAINE FACE AUX FUTURS DÉFIS ÉNERGÉTIQUES DE L'UE**

L'exploitation du potentiel énergétique de l'Ukraine est confrontée à la destruction ou l'inopérabilité d'une partie grandissante de ses infrastructures suite à l'invasion récente de la Russie et à l'occupation d'une partie de son territoire riche en sources d'énergie. À ce jour, 40 % des systèmes électriques autant que des réseaux de chauffage urbain seraient impactés. La première urgence sera de les remettre en état de fonctionner.

Les bassins houillers ukrainiens, ainsi que les gisements prometteurs de gaz de schiste sont situés principalement dans la région du Donbass et ses provinces de Donetsk et Louhansk. De la même façon, la principale centrale nucléaire du pays est située à Zaporijia sous contrôle russe et le potentiel actuel et futur en énergies renouvelables est également partiellement localisé en territoires occupés. Enfin, le tarissement sans doute durable de l'écoulement du gaz russe à travers le pays pourra permettre l'acheminement des nouvelles productions d'hydrogène escomptées vers l'Europe en particulier, à condition de réaliser de lourds investissements d'adaptation des gazoducs.

Une chose est certaine, l'avenir de ces territoires occupés ou sous contrôle sera déterminant dans la reconstruction énergétique de l'Ukraine. Faute de pouvoir exercer à nouveau sa souveraineté sur ces territoires occupés, l'Ukraine dépendrait de l'électricité européenne, du charbon allemand ou polonais, et des importations de gaz étranger pour lequel la situation est déjà très tendue en Europe. Si, en revanche, l'intégrité du territoire est reformée, l'Ukraine grâce à l'ensemble des ressources décrites au paragraphe précédent peut constituer un complément à l'équilibre européen, sous réserve de bénéficier des investissements nécessaires à la production de réserves gazières prometteuses, à la remise en état d'un réseau électrique insuffisant et défaillant, et au développement de ressources durables dans les domaines de l'éolien et du solaire avec leur conversion en hydrogène pour faciliter le transport et le stockage de l'électricité produite.

Quelle que soit l'issue du conflit, l'Ukraine devra être plus étroitement ancrée à la matrice énergétique européenne au bénéfice de l'ensemble des partenaires, sous réserve de bénéficier des aides indispensables à la reconstruction d'un territoire dévasté.

\* \* \*

## CONCLUSION

En dépit et au-delà de la situation actuellement dramatique de l'Ukraine, et particulièrement de bon nombre de ses installations de production ou de distribution d'énergie, ce grand pays possède de véritables richesses dans la plupart des secteurs, avec un potentiel de production de charbon, de production et de stockage de gaz, et d'importantes installations de production d'électricité d'origine hydraulique ou nucléaire. Sous réserve d'un renforcement des réseaux d'interconnexion électrique, nous pouvons mesurer le potentiel de synergie avec les autres pays d'Europe, de nature à remplacer aisément les cordons énergétiques puissants préexistant avec la Russie.

Mais c'est assurément du côté des nouvelles sources d'énergie renouvelable, éolien et solaire, que se situent les plus belles perspectives de développement pour l'Ukraine. L'Europe et spécialement l'Allemagne sont en effet à la recherche de potentiels de production massive d'hydrogène d'origine décarbonée, et faute de nucléaire, se condamne à la trouver en dehors de son territoire. Les études effectuées dans ce pays, et dont les conclusions sont reprises par l'UE, montrent comment les grandes plaines peu accidentées de l'Ukraine et son rivage de la mer Noire constituent le tout premier site en Europe-Méditerranée capable de contribuer à satisfaire ce besoin.

Toutefois, ultime condition à ce scénario de reconstruction qui vise à écarter les énergies fossiles du mix énergétique européen du fait de leur nocivité, il faudra que les Ukrainiens acceptent de supporter les externalités négatives liées à l'emprise territoriale des EnR.

\* \* \*

### LISTE DES MEMBRES DU GROUPE DE RÉFLEXION SYNOPIA

**Olivier APPERT** : membre de l'Académie des technologies, conseiller du centre Energie de l'IFRI, membre de Synopia

**Jérôme FERRIER** : président d'honneur de l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz, membre de Synopia

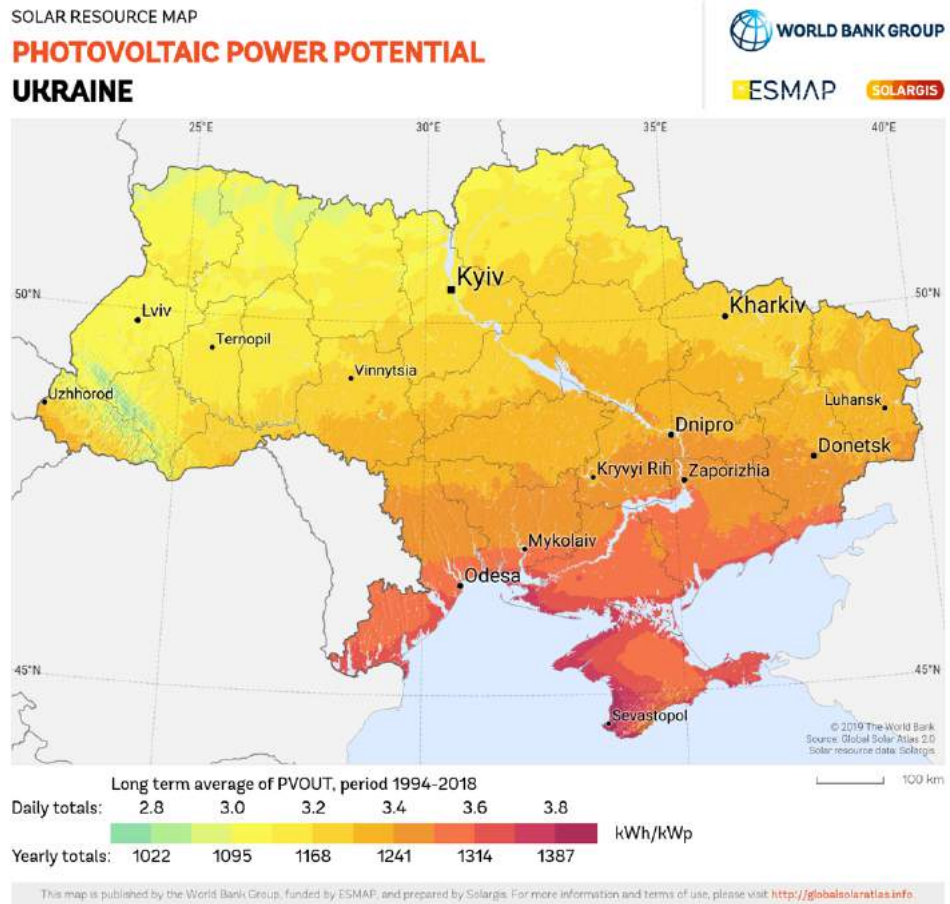
**Xavier MARCHAL** : ancien dirigeant de Navalgroup, membre de Synopia

**Luc POYER** : président directeur général, France Nouvelles Energies, membre de Synopia

**Jean-Marc SCHAUB** : délégué général Synopia, ancien directeur général de Primagaz

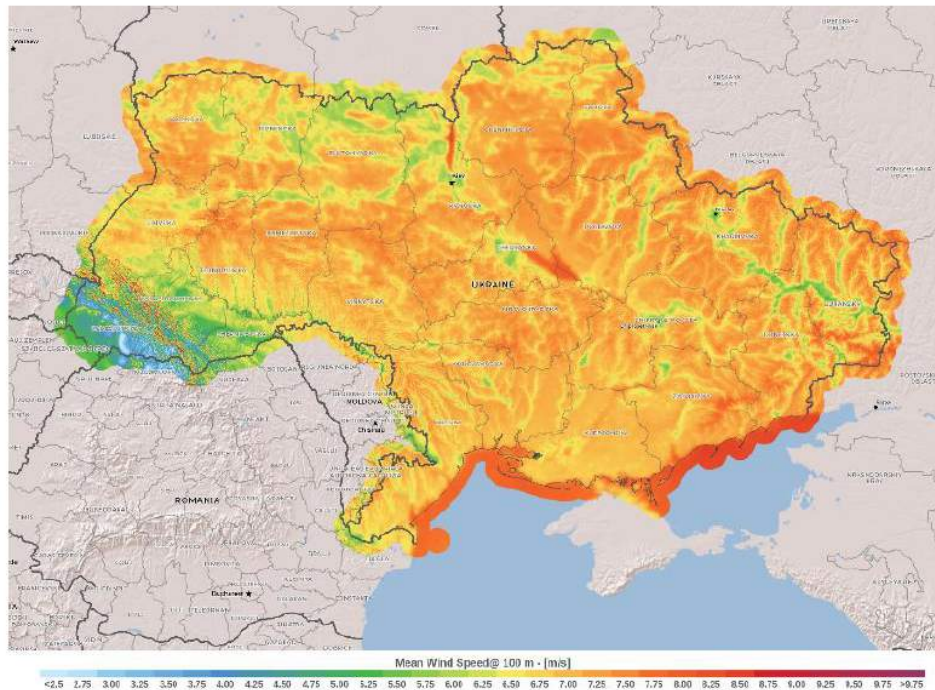
# ANNEXES

## CARTES & TABLEAUX





**Figure 9: Wind Potential in Ukraine, Source: GI Atlas**



EU Investments in solar, wind and electrolyser capacity to produce 4 million ton green hydrogen in North Africa and Ukraine

Ukraine + North Africa 40 GW	Electrolyser Capacity MW	Hydrogen Production Mt H <sub>2</sub>	Needed Total Electricity Production	Elec Prod Solar CSP	Elec Prod Onshore wind	Elec Prod Solar PV
<b>Ukraine</b> , hydrogen production near the resource at combined onshore wind + solar Electrolysers connected to ammonia plants and/or hydrogen pipeline Load factor electrolysers 5.000 hours				Electricity production by renewable resources connected to the electrolysers Load factor onshore wind 3.000 hr Load factor solar PV Ukraine 1.500 hr		
TOTAL Ukraine	10.000	1,0	50 TWh 22.200 MW	0 TWh 0 MW	33,3 TWh 11.100 MW	16,7 TWh 11.100 MW
<b>North Africa</b> , hydrogen production near the resource at combined onshore wind + solar PV or combined solar PV and solar CSP Electrolysers connected to ammonia plants and/or hydrogen pipeline Load factor electrolysers 5.000 hours				Electricity production by renewable resources connected to the electrolysers Load factor Solar CSP 4.000 hr Load factor onshore wind 4.000 hr Load factor solar PV North Africa 2.100 hr		
TOTAL North Africa	30.000	3,0	150 TWh 54.500 MW	37,5 TWh 9.400 MW	37,5 TWh 9.400 MW	75 TWh 35.700 MW
<b>INVESTMENTS Ukraine + North Africa; 40 GW electrolyser capacity with 76.7 GW renewable electricity capacity</b>						
	Meuro/MW	Ukraine MW	Ukraine Billion Euro	North Africa MW	North Africa Billion Euro	Total Investments Billion Euro
Electrolysers	0,25-0,5	10.000	3,5	30.000	10,0	13,5
Solar CSP	4,2	0	0	9.400	39,4	39,4
Onshore Wind	1,2	11.100	13,3	9.400	11,3	24,6
Solar PV	0,3	11.100	3,3	35.700	10,7	14,0
<b>TOTAL</b>			<b>20,1</b>		<b>71,4</b>	<b>91,5</b>

Source : Commission Européenne, juillet 2020.





extrait de : Plan REPowerEU du 18 mai 2022

## Hintergrund 4. Aber mögliche negative Kriegsfolgen?



- **EE Potenziale** Fast 30% der EE-Potenziale der Ukraine würden nach dem hier dargestellten Stand der Besetzung wegfallen (oft besonders günstige, u.a. Wind Offshore)<sup>1</sup>
- **Eisen- und Stahlproduktion** Die Ukraine hat eine Produktionskapazität von 43 Mio. t, 56% dieser Kapazitäten entfallen auf die russ. kontrollierten Zonen<sup>2</sup>
- Nach Berücksichtigung der Besetzung bleiben > **1.000 TWh** für den **EE-Export** @ 40-80 €/MWh Stromerzeugungskosten in 2050<sup>1</sup>

EE-Potenziale, Energieverbrauch und EE-Exportpotenziale ohne und mit Berücksichtigung der russischen Besetzung auf EE-Erzeugungspotenziale und Stahlproduktionskapazitäten. Stark vereinfachte Betrachtung.

		Russ. Besetzung unberücksichtigt	Russ. Besetzung berücksichtigt	Anmerkungen
2050				
EE-Potenziale	TWh	2.100	1.470	<80 €/MWh
Energieverbrauch	TWh	378	343	Net Zero Szenario
<b>EE-Export-Potenziale (Strom)</b>	<b>TWh</b>	<b>1.722</b>	<b>1.127</b>	<b>40-80 €/MWh</b>

1. IHS ISI Rechnungen basierend auf Enerfile (Intern) (2022), Ein WACC von 4,5% ist zugrunde gelegt.  
 2. Global Energy Monitor (2021): Global Steel Plant Tracker. Online verfügbar unter <https://globaleenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/tracker-map/>, zuletzt aktualisiert am 24.02.2021, zuletzt geprüft am 11.07.2022.  
 3. BBC (2022): Ukraine war in maps. Tracking the Russian invasion. In: BBC News, 05.06.2022. Online verfügbar unter <https://www.bbc.com/news/world-europe-60506660>, zuletzt geprüft am 11.07.2022.



## NOTRE RAISON D'ÊTRE

### LA TRANSFORMATION DES GOUVERNANCES



PUBLIQUES



PRIVÉES

**INFLUENCER PAR LES IDÉES**

**&**

**TRANSFORMER PAR LES PROJETS**



Retrouver Synopia sur sa chaîne YouTube

Directeur de la publication : **Alexandre Malafaye**  
Comité éditorial : **Jean-Claude Mailly, Jean-Marc Schaub, Joséphine Staron**