



# La sécurité et la santé au travail dans les emplois verts

**Prospective sur les risques nouveaux et émergents  
liés aux nouvelles technologies d'ici à 2020**

Résumé



Agence européenne  
pour la sécurité et la santé  
au travail





# La sécurité et la santé au travail dans les emplois verts

**Prospective sur les risques nouveaux et émergents  
liés aux nouvelles technologies d'ici à 2020**

Résumé

Basé sur un rapport rédigé par: Sam Brakbrook, Health and Safety Laboratory (HSL), Martin Duckworth, SAMI Consulting, Peter Ellwood, HSL, Michal Miedzinski, Technopolis Group, John Reynolds, SAMI Consulting  
Dessinateur: Joe Ravetz, en collaboration avec John Reynolds, SAMI Consulting

Gestion du projet: Emmanuelle Brun et Xabier Irastorza, EU-OSHA

Images de couverture (de gauche à droite):

Kim Hansen, post-traitement par Richard Bartz et Kim Hansen

Felix Kramer (CalCars)

Photo de l'US Air Force/aviateur 1<sup>er</sup> classe Nadine Y. Barclay

Ce rapport a été rédigé à la demande de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA). Les opinions et/ou conclusions qui y sont exprimées n'engagent que leur(s) auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'EU-OSHA.

***Europe Direct est un service destiné à vous aider à trouver des réponses  
aux questions que vous vous posez sur l'Union européenne.***

**Un numéro unique gratuit (\*):**

**00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*) Les informations sont fournies à titre gracieux et les appels sont généralement gratuits  
(sauf certains opérateurs, hôtels ou cabines téléphoniques).

De nombreuses autres informations sur l'Union européenne sont disponibles sur l'internet (<http://europa.eu>).

Une fiche catalographique figure à la fin de l'ouvrage.

Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne, 2013

ISBN 978-92-9191-970-3

doi:10.2802/40540

© Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, 2013

Reproduction autorisée, moyennant mention de la source

*Printed in Belgium*

IMPRIMÉ SUR PAPIER BLANCHI SANS CHLORE ÉLÉMENTAIRE (ECF)

# Table des matières

1. Introduction	5
2. Phase 1 — Éléments moteurs contextuels du changement	7
3. Phase 2 — Nouvelles technologies clés	9
4. Phase 3 — Élaboration des scénarios	11
5. Scénarios et aperçu général des risques nouveaux et émergents en matière de SST	13
5.1. Scénario «gagnant-gagnant»	13
5.2. Scénario «le profit d'abord»	20
5.3. Scénario «vert intense»	27
6. Conclusions	35
6.1. Défis nouveaux et émergents pour la SST dans les emplois verts	35
6.2. Le processus d'anticipation et d'élaboration des scénarios	36
7. Références	38

# Tableaux et graphiques

Tableau 1 — Innovations technologiques clés pour la phase 3	9
Tableau 2 — Définition des trois scénarios de base	11
Graphique 1 — Utilisation de scénarios pour la planification de stratégies	6
Graphique 2 — Représentation de quatre scénarios élaborés sur la base de la croissance économique par rapport aux valeurs vertes	11
Graphique 3 — Représentation qualitative du niveau d'innovation dans les technologies vertes en proportion de l'innovation totale	12



# 1. Introduction

L'Union européenne (UE) s'est engagée à procéder à une réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre<sup>(1)</sup>, à une augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique et à une augmentation de 20 % de la proportion de sources d'énergie renouvelables pour 2020 (Commission européenne, 2010). La réalisation des objectifs en matière d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique a, à elle seule, le potentiel de créer plus de 1 million de nouveaux emplois. De ce fait, la sécurité et la santé au travail (SST) doivent faire l'objet d'une attention suffisante pour ne pas être compromises.

Cependant, dans ces domaines, les champs politique et pratique se concentrent bien souvent sur la réaction aux risques et problèmes existants. La nécessité d'aborder la SST de façon proactive afin «d'anticiper les risques nouveaux et émergents» avait déjà été soulignée dans la stratégie communautaire 2002-2006 (Commission européenne, 2002). La deuxième stratégie communautaire 2007-2012 (Commission européenne, 2007) a particulièrement insisté sur les «risques liés aux nouvelles technologies» en tant que domaine dans lequel l'anticipation des risques doit être favorisée.

Avec la volonté partagée d'avoir une économie durable et l'attention particulière portée à l'innovation, l'anticipation des risques nouveaux et émergents en matière de SST est devenue un enjeu majeur, alors que le nombre d'emplois verts est en progression, afin de garantir des conditions de travail décentes, sûres et de qualité. Les emplois verts doivent être bénéfiques pour l'environnement, mais également pour les travailleurs. Ils constituent la clé d'une croissance intelligente, durable et inclusive de l'économie verte, répondant aux objectifs de la stratégie européenne 2020 (Commission européenne, 2010).

Ce document résume le projet intitulé «Foresight of new and emerging risks to occupational safety and health associated with new technologies in green jobs by 2020» («Prospective sur les risques nouveaux et émergents liés aux nouvelles technologies dans les emplois verts d'ici à 2020»), réalisé pour l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA) par un consortium composé du Health and Safety Laboratory du Royaume-Uni, de SAMI Consulting et de Technopolis Group. Il résume un rapport plus long (EU-OSHA, 2013) qui détaille davantage la méthodologie et les résultats. Ce rapport est disponible sur le site de l'EU-OSHA à l'adresse suivante: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/green-jobs-foresight-new-emerging-risks-technologies/view>.

Une méthode d'élaboration de scénarios a été utilisée pour cette anticipation. Le résultat du projet consiste en une série de scénarios couvrant un éventail de nouvelles technologies dans les emplois verts et l'impact qu'elles pourraient avoir sur la santé et la sécurité des travailleurs. Ces scénarios ont pour objectif d'informer les décideurs européens, les gouvernements des États membres, les syndicats et les employeurs, de sorte qu'ils puissent orienter le futur de la SST dans le domaine des emplois verts afin de parvenir à des lieux de travail plus sûrs et de qualité.

(1) Par rapport aux niveaux de 1990. L'objectif est une réduction de 30 % des émissions de gaz à effet de serre «si les conditions sont réunies», c'est-à-dire «à condition que les autres pays développés s'engagent à des réductions d'émissions comparables et que les pays en développement apportent une contribution adaptée à leurs responsabilités et à leurs capacités respectives» (Commission européenne, 2010).

## Que recouvrent les termes «emplois verts»?

Il existe de nombreuses définitions des «emplois verts». Une définition souvent citée est celle utilisée par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE, 2008). Ce programme définit

*... les emplois verts comme des emplois dans l'agriculture, l'industrie, la recherche et le développement (R & D), les services et l'administration qui contribuent à la préservation ou au rétablissement de la qualité de l'environnement. Ils contribuent plus précisément, mais pas exclusivement, à diminuer la consommation d'énergie, de matières premières et d'eau grâce à des stratégies d'amélioration du rendement, à réduire les émissions de carbone dans l'économie, à minimiser ou à éviter totalement toutes les formes de déchets et de pollution et à protéger les écosystèmes et la biodiversité.*

La Commission européenne (Commission européenne, 2012) «comprend par "emplois verts" tous les emplois qui dépendent de l'environnement ou qui sont créés, substitués ou redéfinis (en matière de qualifications, de méthodes de travail, de parcours, etc.) dans le processus de transition vers une économie plus verte» et ajoute que «cette large définition complète et ne s'oppose pas à celle du PNUE» mentionnée ci-dessus.

Les «emplois verts» vont au-delà du travail vert «direct» dans la chaîne de production. Pollin e.a. (2008) répartissent les emplois verts en trois catégories:

- les emplois directs: première série de changements résultant d'une modification des produits dans les industries cibles;
- les emplois indirects: changements ultérieurs résultant des apports nécessaires à ce qui précède;
- les emplois qui découlent des revenus: emplois supplémentaires créés par des changements dans les revenus et dépenses des ménages résultant de ce qui précède.

Ces définitions décrivent de manière utile les domaines de travail éventuellement couverts par l'étiquette «verte»: cependant, en termes d'emplois, y compris en termes d'emplois administratifs, leur champ d'application est très large. Lors de la réunion de démarrage du présent projet, l'Observatoire européen des risques de l'EU-OSHA (OER) a, au préalable, précisé ses exigences ainsi que son interprétation des définitions susmentionnées. Ainsi l'objectif principal qui a pu être établi était d'examiner des risques émergents liés aux nouvelles technologies dans le cadre des emplois verts. Plutôt que de se limiter aux emplois associés de manière indirecte aux nouvelles technologies, la priorité a été donnée aux emplois utilisant ou étant directement concernés par elles. Une analyse basée sur les emplois de cadres est apparue peu pertinente. Il était préférable d'aborder les nouvelles combinaisons de risques, par exemple l'installation de panneaux solaires, les risques électriques associés aux risques de travail en hauteur. Les emplois des industries vertes où les risques sont identiques à ceux des autres emplois, par exemple le transport de produits verts effectué dans des conditions identiques aux autres produits, ne présentaient pas d'intérêt particulier. La nouveauté du risque a semblé plus pertinente que l'augmentation ou la diminution des risques connus. L'analyse centrée sur ces domaines a rendu les travaux plus dynamiques et plus opérationnels.

## Présentation des scénarios

Les scénarios sont des outils utilisés pour l'élaboration de la stratégie. Sur le plan interne, ils constituent des descriptions cohérentes de ce à quoi «le monde» ou les questions étudiées pourraient ressembler à l'avenir. Il ne s'agit pas de prédictions ou de prévisions, mais d'une description des futurs résultats possibles (Porter, 1985), fondée sur une analyse des éléments moteurs du changement futur et des incertitudes. Chaque scénario envisage un résultat possible différent pour chaque élément moteur de changement et pour les incertitudes les plus importantes.

Un bon scénario est attrayant et convaincant, répond à une logique et une cohérence internes et décrit une voie crédible vers l'avenir. Les contenus des scénarios ne doivent pas être considérés comme des conclusions ou des affirmations selon lesquelles les événements surviendront, se dérouleront ou seront liés effectivement, comme indiqué dans ces scénarios. Il existe nombre d'autres possibilités, et l'avenir comportera probablement certains de ces divers éléments. Envisager ces différentes situations est simplement un moyen d'encourager les débats sur la manière de se préparer à faire face à ces divers éléments et possibilités de l'avenir.

Les scénarios sont importants, car l'avenir est incertain et largement inconnu; ils fournissent un outil pour nous aider à comprendre et à gérer cette incertitude. Si les politiques suivies sont souvent le fruit d'une vision «officielle» de l'avenir, les scénarios intègrent, quant à eux, une analyse des éléments moteurs du changement, des incertitudes critiques et des éléments prédéterminés. Ils présentent également un «espace» (à savoir l'avenir) libéré des contraintes du présent et dès lors propre à stimuler un débat sur l'avenir entre les différents groupes de parties prenantes. Ces scénarios peuvent donc être utilisés aux fins d'une analyse détaillée des questions sur le futur, en vue d'éclairer les décisions à prendre aujourd'hui et de contribuer à l'élaboration de stratégies et de politiques «pérennisées» plus robustes au regard des diverses hypothèses envisagées (voir

graphique 1). Ils peuvent être plus attrayants que des documents statistiques ou politiques pour décrire des questions stratégiques, et peuvent constituer un outil important en matière d'apprentissage organisationnel.

## Phases du projet

Le projet s'est déroulé en trois phases.

**Phase 1:** la première phase a consisté à sélectionner les **éléments moteurs contextuels clés** (tels que les facteurs socio-économiques et démographiques et les agendas politiques européens et internationaux) qui pourraient définir les emplois et les lieux de travail verts d'ici à 2020 et contribuer à l'apparition de risques nouveaux et émergents en matière de SST liés aux nouvelles technologies. Ces éléments moteurs ont ensuite été utilisés pour définir les scénarios «de base» dans la phase 3.

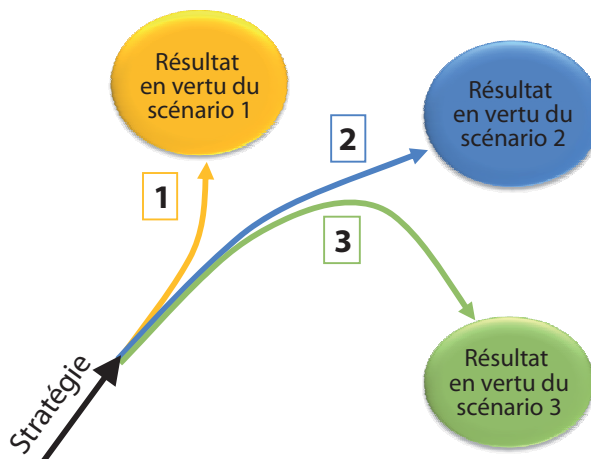
**Phase 2:** la deuxième phase a permis de sélectionner les **nouvelles technologies clés** susceptibles d'être introduites dans les emplois verts d'ici à 2020 et d'engendrer des risques nouveaux et émergents sur le lieu de travail.

**Phase 3:** la troisième phase du projet a consisté à élaborer les **scénarios**. Cette phase a débuté par la définition de trois scénarios «de base» intégrant les éléments moteurs clés du changement identifiés lors de la phase 1. Ces scénarios de base ont ensuite été utilisés lors d'une série d'ateliers sur les technologies en vue d'étudier le développement des technologies principales sélectionnées dans la phase 2 et les risques nouveaux et émergents en matière de SST que celles-ci pourraient engendrer. Les informations collectées lors de ces ateliers ont permis de produire des scénarios «complets». Enfin, ces scénarios ont été testés et consolidés lors d'un atelier final, qui a également permis de montrer la manière dont ces scénarios peuvent servir à élaborer des solutions politiques répondant aux défis émergents identifiés en matière de SST.

Graphique 1 — Utilisation de scénarios pour la planification de stratégies

## Élaboration de scénarios

Stratégie de tests d'élaboration de scénarios par rapport à une série d'avenirs possibles





## 2. Phase 1 — Éléments moteurs contextuels du changement

La phase 1 du projet portait sur l'identification des éléments moteurs contextuels du changement susceptibles de contribuer à l'apparition de risques nouveaux et émergents en matière de SST liés aux nouvelles technologies dans les emplois verts. Cette phase comprenait trois volets:

- une analyse de la littérature spécialisée sur les éléments moteurs contextuels du changement, donnant lieu à l'élaboration d'une liste initiale de 69 éléments moteurs;
- un exercice de consultation sous la forme d'entretiens avec 25 personnes clés couvrant un large éventail de qualifications et d'expériences en vue de recueillir divers points de vue, et à travers une étude en ligne (49 réponses) en vue d'affiner la liste des éléments moteurs;
- un exercice de vote (37 participants) visant à fixer l'ordre de priorité des éléments moteurs et à établir une liste des éléments moteurs clés pertinents à utiliser lors de la phase 3 du projet.

À l'issue de ce processus, 16 éléments moteurs de changement ont été identifiés comme ayant l'importance la plus élevée:

- 1) l'environnement: émissions de carbone, effets du changement climatique (augmentation des températures, catastrophes naturelles), pénurie de ressources naturelles (combustibles fossiles, eau);
- 2) les incitations gouvernementales: politiques, subventions, prêts, subventions en faveur des activités vertes;
- 3) les contrôles gouvernementaux: taxes, tarification du carbone, droits, législation;
- 4) l'opinion publique: avis du public sur le changement climatique et ses causes;
- 5) l'attitude du public: demande de produits verts, soutien du recyclage;
- 6) la croissance économique: état des économies européennes et disponibilité des ressources pour faire face aux problèmes environnementaux;
- 7) les questions internationales: effet de la mondialisation sur l'économie de l'UE et les autres économies, et ses effets sur la concurrence en vue d'acquiescer des ressources naturelles rares, avec pour conséquence la nécessité accrue d'activités vertes;
- 8) les questions de sécurité énergétique: besoins en matière de sécurité énergétique, volonté de réduire la dépendance par rapport aux importations énergétiques;
- 9) les technologies en matière d'énergies renouvelables: progrès réalisés en matière de développement et de disponibilité;
- 10) les technologies en matière de combustibles fossiles: développement des technologies visant à permettre l'utilisation prolongée de combustibles fossiles (telles que piégeage et stockage du carbone, et technologies propres dans le domaine du charbon);
- 11) l'énergie nucléaire: étendue de son utilisation, ainsi que la question de savoir si elle est considérée comme «verte»;
- 12) la distribution, le stockage et l'utilisation de l'électricité: développement d'une technologie visant à permettre une augmentation de la production décentralisée d'énergie renouvelable;
- 13) l'amélioration de l'efficacité énergétique: nouveaux bâtiments offrant une meilleure efficacité énergétique, modernisation des anciens, promotion des transports publics consommant peu d'énergie, production moins gourmande en énergie, etc.;
- 14) la croissance du recyclage des déchets: sous l'effet de la pénurie des ressources, de l'opinion publique et de la législation;
- 15) les autres technologies: disponibilité de technologies non énergétiques, telles que les nanotechnologies, les biotechnologies;
- 16) la démographie et la main-d'œuvre: une population croissante (vieillissante) et des styles de vie changeants peuvent accentuer le besoin d'une demande croissante d'énergie et/ou d'une plus grande efficacité énergétique; le vieillissement de la main-d'œuvre peut entraîner une perte de compétences ainsi que différents besoins en matière de SST, mais également des bénéfices; le vieillissement de la main-d'œuvre ainsi que l'impact du changement climatique peuvent conduire à un nombre accru de travailleurs migrants.



### 3. Phase 2 — Nouvelles technologies clés

L'objectif de la phase 2 du projet était d'identifier et de décrire les principales nouvelles technologies susceptibles d'être introduites dans les emplois verts d'ici à 2020 et d'engendrer des risques nouveaux et émergents sur le lieu de travail. Cette phase comprenait trois volets:

- un examen de l'état de l'art concernant les innovations technologiques susceptibles d'être introduites dans les emplois verts d'ici à 2020, qui a donné lieu à l'établissement d'une liste de 26 technologies ou domaines technologiques;
- un exercice de consultation comprenant des entretiens avec 26 experts en SST et dans le domaine des technologies afin de consolider les résultats de l'examen de la littérature spécialisée et de détecter les innovations technologiques qui ne sont peut-être pas encore décrites dans des documents publiés. Cet exercice a été suivi d'une enquête en ligne (38 répondants) et a permis de dresser une liste consolidée de 34 technologies ou domaines technologiques;
- la sélection des technologies clés à explorer dans la phase 3 du projet, sur la base de toutes les informations rassemblées lors des étapes précédentes, et à consolider par un atelier de 14 experts en matière de SST et de technologies.

Les technologies considérées en premier lieu lors de cette phase se rapportaient à une série de secteurs tels que l'énergie, le transport, l'industrie manufacturière, la construction, l'agriculture, la sylviculture et l'alimentation, les déchets, le recyclage et la réhabilitation de l'environnement; les biotechnologies; la chimie verte, les nouveaux matériaux, dont les nanotechnologies, les technologies convergentes; la photonique et la géo-ingénierie. Le positionnement de l'énergie nucléaire et des technologies propres dans le domaine du charbon a fait l'objet d'avis divergents. Bien qu'il ait été convenu que ces deux domaines avaient un impact important sur la SST, des désaccords sont apparus quant au caractère écologique de ces technologies et à l'utilité de consacrer l'un des ateliers de la phase 3 à ces domaines. Certaines des technologies considérées au départ concernaient des industries spécifiques, alors que d'autres étaient des technologies transversales ayant un impact sur de nombreux secteurs et de nombreuses autres technologies identifiées (telles que les nanotechnologies ou l'automatisation robotique et l'intelligence artificielle).

Les technologies clés finalement sélectionnées aux fins d'exploration dans les scénarios de la phase 3 sont présentées dans le tableau 1.

Les «nanotechnologies et nanomatériaux» sont apparus comme un thème majeur, mais de portée transversale vis-à-vis de toutes les autres technologies/applications technologiques sélectionnées. Dès lors, plutôt que de consacrer un atelier aux nanomatériaux en phase 3, il a été décidé d'aborder et de traiter ce thème de manière transversale dans tous les autres ateliers.

Tableau 1 — Innovations technologiques clés pour la phase 3

Technologies	Sous-catégories
Énergie éolienne (échelle industrielle)	Sur terre et en mer
Technologies de construction vertes (bâtiments)	Mesures d'efficacité énergétique: nouvelles constructions et rénovation (isolation, fenêtres retenant la chaleur, ventilation avec récupération de chaleur, éclairage énergétiquement efficace), énergie renouvelable (solaire thermique et de refroidissement, système de chauffage et de refroidissement par géothermie, système de contrôle avancé, photovoltaïque, énergie éolienne, alimentation du réseau, production combinée de chaleur et d'électricité), nouvelles techniques (construction hors site/préfabrication), nouveaux matériaux (ciments à faible teneur en carbone, nanomatériaux), utilisation accrue des technologies de l'information et de la communication (TIC) et des technologies robotiques et d'automatisation
Bioénergie et applications énergétiques de la biotechnologie	Biocarburants (diesel, éthanol, etc.), combustion de la biomasse, cocombustion de la biomasse (voir également les technologies propres dans le domaine du charbon), digestion anaérobie (production de biogaz), utilisation du gaz de décharge, gazéification de la biomasse, pyrolyse Biocatalyseurs, ingénierie de l'usine cellulaire, usines biologiques, nouvelles conditions de traitement/mise à l'échelle industrielle, bioraffinerie et biotransformation à très grande échelle, industrie manufacturière à l'échelle méso, technologies agricoles, biologie synthétique, modification génétique
Traitement des déchets	Collecte, stockage et traitement des déchets pour le recyclage ou pour la production d'énergie; recyclage des matériaux et composants

Technologies	Sous-catégories
Transport écologique	Véhicules routiers électriques, hybrides et alimentés par un biocarburant, technologie en matière de batterie, hydrogène et cellules à combustible, électrification des lignes de chemin de fer, avions alimentés par des biocarburants, nouveaux matériaux dans les avions, meilleure efficacité des moteurs à combustion interne, systèmes de transport intelligents (avec des applications TIC), infrastructures de ravitaillement en carburant/de rechargement
Technologies et procédés de fabrication écologiques, y compris la robotique et l'automatisation	Techniques de fabrication avancées, fabrication divisée (fabrication personnelle, impression en 3D et fabrication rapide/réalisation de prototypes rapide), méthodes de rationalisation, biotechnologies, chimie verte, nanomatériaux Utilisés dans l'industrie manufacturière, l'agriculture, la construction et d'autres industries
Transport, distribution et stockage de l'électricité, et énergie renouvelable domestique et à petite échelle	Réseau intelligent, compteurs intelligents, production distribuée, production combinée de chaleur et d'électricité, appareils intelligents Batteries, volants, supercondensateurs, stockages magnétiques supraconducteurs, hydrogène, stockage par pompage-turbinage, stockage d'énergie à air comprimé, azote liquide et stockage d'oxygène liquide Types de batterie: plomb-acide, lithium-ion, sodium-soufre (ZEBRA), sodium-nickel-chlorure Technologies décentralisées de production d'énergie: énergie éolienne, thermo-solaire et solaire photovoltaïque, bioénergie, énergie géothermique, production combinée de chaleur et d'électricité, cellules à combustible
Nanotechnologies et nanomatériaux	Très large série d'applications potentielles, dont des batteries améliorées, additifs de moteurs, nouveaux matériaux composites, matériaux utilisés pour la construction (par exemple, pavés, briques, asphaltes «piégeant» des polluants environnementaux, nano-enduction/nanovernis transformant l'énergie solaire en électricité, nano-enduction antisalissure «verte»), l'agriculture et l'exploitation forestière

## 4. Phase 3 — Élaboration des scénarios

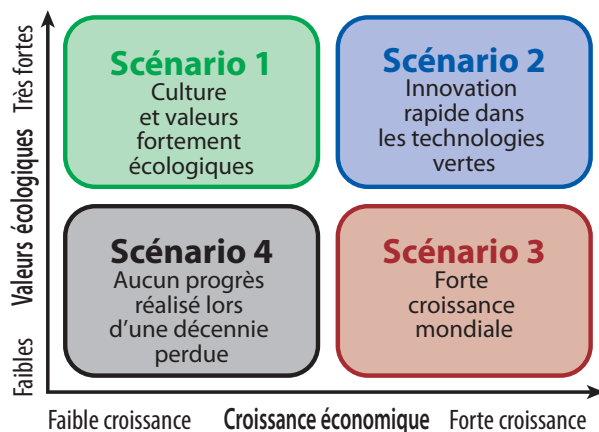
Chacun des 16 éléments moteurs de changement sélectionnés lors de la phase 1 a été examiné, et l'incertitude inhérente à chacun d'eux pour la période allant jusqu'à 2025 (au lieu de 2020) a été identifiée. Une période allant au-delà de 2020 a été utilisée de sorte que les risques dont les premiers signes pourraient apparaître en 2020 puissent être identifiés.

Il est apparu que 12 des 16 éléments moteurs et résultats associés pouvaient naturellement être regroupés suivant trois grandes catégories, autour des thèmes suivants:

- la croissance économique: elle comprend tant l'impact externe de la croissance mondiale que la croissance en Europe, et détermine la disponibilité des financements pour les activités vertes;
- les valeurs vertes: elles se rapportent à la volonté des personnes et des organisations de changer leur comportement afin d'obtenir des résultats en matière de protection de l'environnement, et à la volonté des gouvernements de mettre en œuvre des politiques réglementaires et fiscales en vue de favoriser les activités vertes;
- l'innovation dans les technologies vertes: développement et exploitation des technologies vertes qui conduiront à une moindre utilisation des ressources, à moins de pollution et à moins d'effets sur l'environnement. Ces catégories définissent les axes formant le cadre pour l'élaboration des scénarios de base.

Les quatre éléments moteurs restants (l'énergie nucléaire, la démographie et la main-d'œuvre, les questions de sécurité énergétique et les questions internationales) ont été intégrés dans les scénarios à un stade ultérieur.

Graphique 2 — Représentation de quatre scénarios élaborés sur la base de la croissance économique par rapport aux valeurs vertes



Chaque catégorie d'éléments moteurs (croissance économique, valeurs vertes et innovation dans les technologies vertes) a été associée à un axe unique définissant son état. Le processus d'élaboration des scénarios a débuté avec les deux axes «croissance économique» et «valeurs vertes». La sélection de valeurs «basses» ou «élevées» pour chacun de ces axes a permis de générer quatre scénarios (voir graphique 2).

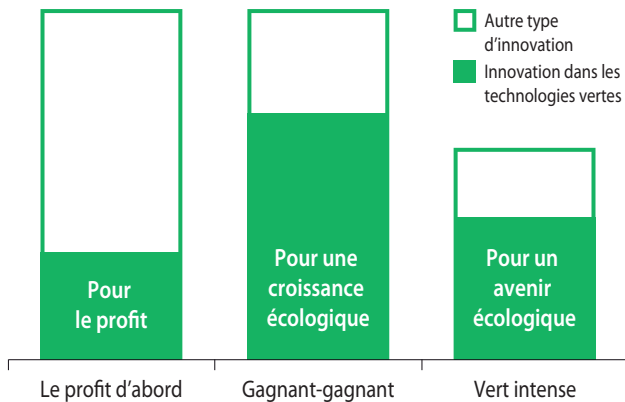
Le scénario 4 reposant sur une faible croissance économique et de faibles valeurs vertes a été considéré comme non pertinent pour ce projet, étant donné qu'il entraînerait un nombre très peu élevé de risques en matière de SST nouveaux et liés aux nouvelles technologies (conséquence d'un faible taux d'innovation dans le cadre d'une faible croissance économique) dans les emplois verts (conséquence de faibles valeurs écologiques). Il a dès lors été décidé de ne pas examiner davantage ce quatrième scénario dans le cadre du présent projet.

Le troisième axe se rapporte au taux d'innovation dans les technologies vertes. Il est lié aux deux axes précédents: la croissance économique, qui a une incidence sur le taux total d'innovation, et les valeurs vertes, qui détermineront la mesure dans laquelle l'innovation a un caractère écologique. L'association des trois axes a permis de définir les trois scénarios décrits dans le tableau 2. Bien que le niveau global d'innovation soit susceptible d'être plus élevé dans le scénario «le profit d'abord» que dans le scénario «vert intense», il a été expliqué que le niveau d'innovation dans les technologies vertes serait sans doute légèrement plus élevé dans le deuxième scénario (conséquence de valeurs vertes élevées) que dans le premier scénario (d'un monde supposé être davantage motivé par le profit). Ces deux scénarios présenteraient dès lors des taux d'innovation similaires en matière de technologies vertes, mais celles-ci seraient de nature assez différente. Les niveaux «moyen +» et «moyen -», respectivement, ont dès lors été définis. La relation entre les taux d'innovation verte dans les trois scénarios est décrite dans le graphique 3 (il convient de noter que ces descriptions sont des évaluations subjectives, et non des mesures quantifiées).

Tableau 2 — Définition des trois scénarios de base

Axes	Scénarios		
	«gagnant-gagnant»	«le profit d'abord»	«vert intense»
Croissance économique	Élevée	Élevée	Faible
Valeurs vertes	Fortes	Faibles	Fortes
Innovation dans les technologies vertes	Élevée	Moyen -	Moyen +

Graphique 3 — Représentation qualitative du niveau d'innovation dans les technologies vertes en proportion de l'innovation totale



Il est important de noter que les noms donnés aux trois scénarios de base reflètent leurs caractéristiques respectives par rapport aux trois axes définis, mais ne reflètent pas l'état de la SST dans ces scénarios.

**Scénario «le profit d'abord»:** dans ce scénario, les individus font le choix d'une prospérité accrue face au coût de la transition vers des solutions écologiques. La technologie continue de permettre une utilisation plus efficace des ressources, mais avec pour conséquence un accroissement continu de la consommation.

**Scénario «gagnant-gagnant»:** les avantages pour l'économie et l'environnement, dans ce scénario, résident dans le fait que les activités vertes sont considérées comme une contribution majeure à la croissance économique, plutôt qu'un simple coût, et que la technologie réalise l'espoir de rendre la croissance verte possible. Cela ne signifie pas qu'il n'y ait que des bénéfices en matière de SST.

**Scénario «vert intense»:** ce scénario reflète de fortes valeurs vertes, où les activités vertes considérées comme un coût doivent être assumées, même au détriment de la croissance économique.

Ces trois scénarios de base ont alors été utilisés comme point de départ pour les ateliers sur les technologies de la phase 3, lors desquels, pour chaque scénario de base, les développements potentiels des technologies clés de la phase 2 et des risques nouveaux et émergents en matière de SST potentiellement liés ont été examinés. Ce processus a permis de générer les scénarios complets.

Un atelier final a été organisé afin de tester et d'affiner les scénarios produits avec les décideurs politiques ainsi qu'avec les experts en matière de SST et de technologies. Lors de cet atelier, les scénarios ont également été utilisés dans des exercices visant à démontrer leur valeur potentielle pour l'élaboration des politiques et la planification stratégique. Les participants ont été invités à proposer pour chaque scénario des mesures politiques spécifiques, intégrant les défis et les opportunités identifiés en matière de SST, et à examiner ces politiques pour les trois scénarios en vue de tester leur pertinence et leur robustesse ainsi que la manière dont elles seraient mises en œuvre dans chaque scénario.

Les scénarios générés par ce processus sont présentés dans la section suivante.

## 5. Scénarios et aperçu général des risques nouveaux et émergents en matière de SST

La version des scénarios présentée ci-après constitue un outil pour un examen plus approfondi des risques en matière de SST dans les emplois verts ou pour une utilisation lors des ateliers relatifs à l'élaboration des politiques. Les scénarios fournissent une analyse rétrospective à partir de 2025 (l'année 2025 a été choisie au lieu de l'année 2020 mentionnée dans le titre du projet, afin d'élargir la réflexion de sorte à inclure les changements survenant après 2020, dont les premiers signes ne pourraient apparaître qu'en 2020). De plus amples informations sur les questions relatives à la SST identifiées au regard des technologies clés de chaque scénario sont disponibles dans le rapport complet du projet. Celui-ci résume un rapport plus long (EU-OSHA, 2013) qui détaille davantage la méthodologie et les résultats. Ce rapport est disponible à l'adresse suivante: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/green-jobs-foresight-new-emerging-risks-technologies/view>

### 5.1. Scénario «gagnant-gagnant»

#### Croissance économique élevée

Vue rétrospectivement depuis l'année 2025, il apparaît qu'après un timide redémarrage en 2012, la croissance dans l'UE et les pays de l'OCDE a retrouvé les niveaux antérieurs à la crise économique de 2008. Les pays en développement ont également connu une forte croissance, similaire à celle enregistrée lors la première décennie du siècle.

#### Valeurs vertes fortes

Les progrès enregistrés en matière de climatologie ont commencé à montrer notre vulnérabilité face aux changements climatiques. Les inquiétudes croissantes de leur population ont encouragé les gouvernements à mettre en place des politiques vertes, dont certaines ont permis de réduire progressivement et fortement les émissions de carbone.

Tant les entreprises que les individus ont massivement approuvé ces mesures à caractère écologique. Les inquiétudes concernant les

pénuries de ressources (alimentation, matières premières, minéraux, eau et énergie) ont contribué à renforcer ce soutien.

#### Forte innovation dans les technologies vertes

La croissance écologique a de plus en plus été considérée comme vitale pour un avenir durable. Utilisant les profits réalisés et leur accès à des financements, les entreprises ont pu investir fortement dans de nouvelles opportunités et infrastructures. Le progrès technologique s'est accéléré avec l'accroissement du niveau d'innovation. Une grande part de cette innovation a permis de progresser en matière de respect de l'environnement et de générer des profits futurs.

#### Société et travail

La plupart des individus dans l'UE se sentent à présent prospères et attachent une valeur plus élevée à la préservation de l'environnement, à la vie humaine et au bien-être. La solidité de l'économie permet aux gouvernements de répondre aux demandes croissantes en matière de prestations sociales et d'investir dans l'éducation.

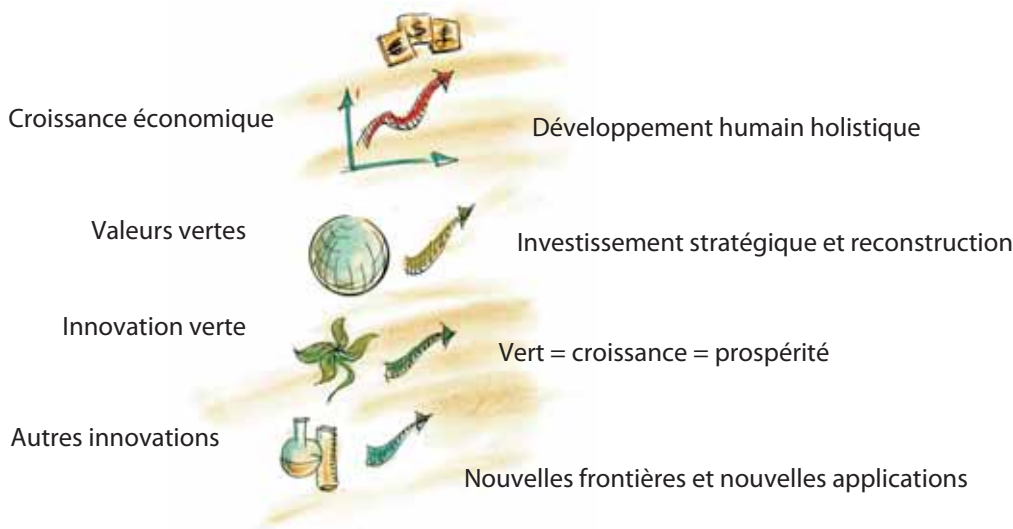
Le taux d'emploi est élevé et de nombreux nouveaux emplois et nouveaux produits apparaissent dans des délais toujours plus courts, ce qui peut engendrer de nouveaux dangers et risques si les aspects liés à la SST ne sont pas pris en compte.

#### Situation générale en matière de SST dans le cadre du scénario «gagnant-gagnant»

Grâce au dynamisme de l'économie, des fonds sont disponibles pour les investissements dans la SST mais, compte tenu du rythme élevé des innovations, du déploiement rapide de nouvelles technologies et de nouveaux produits ainsi que de la création de nouveaux emplois exigeant de nouvelles compétences, une part plus grande de la population pourrait être confrontée plus rapidement à de nouveaux risques. Il importe dès lors que les évaluations en matière de SST soient réalisées au début du cycle de développement d'une technologie ou d'un produit, de sorte que les avancées en matière de SST progressent au même rythme que celles enregistrées dans les sphères technologique et économique.

Si les préférences accordées à l'autonomie, au bien-être holistique et à l'auto-prise en charge sont transposées au domaine de la SST, l'autorégulation, l'éducation et la coopération pourraient constituer les interventions les plus efficaces en matière de SST.

Dessin 1 — Scénario «gagnant-gagnant»



Dessin 2 — Scénario «gagnant-gagnant» — Systèmes humains

«Chaque jour, nous devons modifier l'interface homme-machine...»



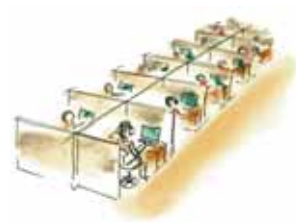
«Nous avons obtenu la note de 8/10 lors du dernier audit écologique... Comment pouvons-nous faire encore mieux la prochaine fois?»



«Bienvenue au module de formation "Sécurité et santé au travail" de LZC! Aujourd'hui, nous étudions les dangers quotidiens...»



«Je suppose que chaque réseau intelligent a besoin d'un centre d'appel, mais cela représente toujours beaucoup de stress.»



Conséquence du rythme élevé de l'innovation, on observe une pénurie des compétences ainsi qu'une concurrence sectorielle en vue d'attirer le personnel qualifié, ce qui pourrait à terme provoquer une polarisation de la main-d'œuvre au regard des compétences.

Les fondations utilisées dans les eaux peu profondes ont été améliorées et des installations flottantes figurent au nombre des innovations utilisées dans les zones en eaux profondes. Des plateformes d'accueil du personnel commencent également à apparaître dans les parcs éoliens les plus éloignés des côtes.

**Énergie éolienne**

L'objectif de 230 gigawatts (GW) de puissance installée en 2020 (EWEA, 2012) a été atteint. En 2025, des progrès notables ont été réalisés en vue de parvenir à l'objectif de 2030, à savoir 400 GW de puissance installée.

L'amélioration des techniques de fabrication et l'utilisation de nouveaux processus de suivi et de contrôle ont contribué à accroître la sécurité des opérations.

Il existe maintenant de grandes turbines dont la puissance peut atteindre jusqu'à 20 mégawatts (MW). Ces turbines ont été conçues spécifiquement pour le milieu marin, notamment pour être installées en eaux profondes, loin des côtes.

Les risques se multiplient dans les parcs éoliens en mer, qui peuvent devenir des sites de travail très dangereux. Avec tant de larges turbines installées dans des eaux toujours plus profondes et plus éloignées des zones portuaires sûres, la question de l'accès constitue la préoccupation majeure en matière de SST. Les sites de travail sont plus dispersés, et les marges bénéficiaires utilisables pour financer la sécurité sont moins élevées que dans les secteurs du gaz et du pétrole.

La construction est une activité dangereuse, et une pénurie de compétences apparaît à mesure que s'accroît le nombre de turbines, le secteur de l'énergie éolienne étant concurrencé par d'autres secteurs technologiques pour trouver du personnel qualifié.

Dessin 3 — Scénario «gagnant-gagnant» — Énergie éolienne

«De Delta Charlie à la base... Je répète...  
Des vents de tempête sont annoncés...  
Je retourne sur la plateforme de forage...»



«Si seulement l'équipe sur la politique en matière d'emplois verts était ici! Ils prendraient conscience des défis posés par le travail sur ces larges turbines dans cet environnement!»



Des navires spécialisés sont nécessaires pour manipuler les larges turbines dans les eaux profondes, et il subsiste des questions sur les stratégies à suivre en matière de fondations (notamment parce que le fond marin est différent pour chaque turbine d'un parc éolien), le transport des fondations depuis les chantiers, ainsi que des questions à plus long terme sur le démantèlement des fondations.

Les nouveaux modèles de turbines ont entraîné des incertitudes en matière d'ingénierie.

Dans un environnement hostile, les exigences de maintenance sont fortes, même si l'utilisation de dispositifs électroniques de contrôle des infrastructures plus fiables permet de minimiser les travaux de maintenance non prévus, et la qualité croissante des équipements contribue à renforcer la fiabilité.

La nécessité de faire vivre les travailleurs si loin des côtes génère des problèmes d'organisation du travail ainsi que des problèmes psychosociaux.

L'utilisation de nouveaux composites et nanomatériaux pour la fabrication des turbines éoliennes pourrait engendrer de nouveaux dangers pour la santé pour les personnes travaillant dans la fabrication, la maintenance, le démantèlement et le recyclage.

### Construction et rénovation écologiques

Les nouveaux bâtiments n'émettent aucun carbone (bâtiments «zéro carbone»), grâce à l'utilisation d'accumulateurs de chaleur, et sont construits suivant au minimum les normes «Passivhaus» (Passive House Institute, 2012). Ils ont de faibles niveaux de consommation d'énergie et intègrent un système complet de mesure et de contrôle. Des matériaux super-isolants (tels que des aérogels et des structures de nanogrilles) ont été élaborés, et leur utilisation augmente. Chaque partie est conçue pour être démontée et recyclée.

Les bâtiments modulaires préfabriqués, intégrant des modules déjà équipés de services, constituent la norme.

Il existe un niveau d'activité élevé pour réduire l'empreinte carbone du parc immobilier existant. On a notamment recours à l'isolation extérieure, facilitée par les progrès réalisés en matière d'isolants par mousse à vaporiser.

Les bâtiments interagissent entre eux et avec le réseau intelligent. Des systèmes photovoltaïques sont intégrés dans les bâtiments ou sous forme de peintures. Des dispositifs sont prévus pour le chargement des voitures électriques ainsi que pour leur utilisation aux fins de stockage de l'énergie.

La construction automatisée hors site des bâtiments modulaires a amélioré la sécurité sur les sites étant donné que l'on y effectue beaucoup moins de tâches. Toutefois, les travaux de construction étant de plus en plus réalisés dans les usines, de nouveaux risques apparaissent car les travailleurs sont exposés à de nouvelles substances de plus en plus utilisées dans les matériaux de construction (par exemple, matériaux à changement de phase, produits chimiques stockant la chaleur, nouveaux revêtements de surface, nanomatériaux et composites fibreux).

Les problèmes sur le site naissent de la combinaison d'activités automatisées et d'activités manuelles traditionnelles. Des risques existent lors du raccordement des services (eau et électricité) avec les modules préfabriqués, mais ceux-ci devraient être négligeables si les plans de conception sont corrects. Il y a également des risques électriques étant donné que des bâtiments anciens et nouveaux doivent être intégrés dans le réseau intelligent, incorporant des appareils intelligents, des technologies de stockage de l'énergie, etc. Dans des villes de plus en plus peuplées, la tendance à construire en sous-sol a conduit à un encombrement souterrain accru avec des incidences en termes de SST du fait de la nécessité de travailler dans des espaces confinés, du risque d'effondrement de la structure ou du risque de perçage de câbles existants.

L'utilisation combinée de nouvelles sources d'énergie dans les bâtiments (photovoltaïque, géothermie et biomasse) engendre de nouveaux dangers et des accidents inattendus, notamment parce que de nombreux nouveaux acteurs entrent dans le secteur.

Conséquence du nombre élevé de nouvelles constructions, il faut gérer une grande quantité de matériaux provenant de la démolition d'anciens bâtiments, ce qui expose les travailleurs à des dangers. Pour rénover les bâtiments existants, ces derniers travaillent davantage sur les toitures afin d'y installer des panneaux solaires et de petites turbines éoliennes, avec le risque de chute ou d'exposition au plomb et à l'amiante lors du démantèlement d'anciennes structures.

Dessin 4 — Scénario «gagnant-gagnant» — Construction

«Construction? Tout est du préfabriqué de nos jours! Il y a beaucoup moins de travail manuel.»



«Oui, regarde celle-ci: "extrusion de ciment laminé, fibre carbone époxy, avec tous les services installés". J'espère juste que les connexions "prêtes à l'emploi" eau et électricité sont clairement étiquetées.»

Dessin 5 — Scénario «gagnant-gagnant» — Bioénergie

«Bien, d'après les diagnostics, il ne devrait y avoir aucun problème. L'évaluation automatique des risques indique que c'est sûr à 99,99 %. Mais quelque chose ne va pas...»



- «Donc... Avez-vous pensé:
- à la pénurie de main-d'œuvre qualifiée,
  - aux instruments non vérifiés,
  - aux consultants externes,
  - au nouveau programme de maintenance,
  - aux spécifications obsolètes,
  - à la gestion de la réduction des coûts,
  - aux réglementations obsolètes en matière de sécurité et de santé...
  - à des inconnues inconnues????»

### Bioénergie

Des lois ont été adoptées en vue d'atteindre l'objectif d'une économie «zéro déchet».

La production de biogaz s'est développée au cours de la dernière décennie et le biogaz constitue désormais 20 % du gaz dans les réseaux.

La plupart des déchets agricoles sont éliminés par biodigestion anaérobie pour produire du méthane. Les eaux usées sont utilisées, du fait de leur teneur en éléments nutritifs, comme fertilisants pour la production de biogaz.

La bioénergie est produite dans de grandes infrastructures (de 400 MW) et dans de petites installations de production combinée de chaleur et d'électricité situées dans les villes.

Dans la plupart des cas, la biomasse subit un traitement thermique pour l'assécher et augmenter sa densité énergétique avant le transport. L'énergie contenue dans les déchets municipaux et dégagée par les processus de fabrication urbains est à présent récupérée.

Les biocarburants de deuxième génération, produits avec des bactéries génétiquement modifiées, sont maintenant communs dans les transports. Des carburants de troisième génération ont également été développés.

Le stockage et la gestion de la biomasse exposent les travailleurs à des risques physiques, à des risques chimiques et biologiques ainsi qu'à des risques d'incendie et d'explosion. Des températures élevées et des pressions parfois fortes sont utilisées dans les processus de pyrolyse (350-550 °C) et pour la gazéification (plus de 700 °C). La variabilité accrue de la constitution du gaz dérivé de la biomasse par rapport au gaz dérivé de carburants fossiles peut également être source de problèmes. Les biocarburants de troisième génération peuvent faire naître de nouveaux risques biologiques. Il peut également y avoir des risques opérationnels associés au développement, de l'usine de démonstration à l'échelle commerciale, de la production du biocarburant de troisième génération.

À la suite de l'adoption généralisée de la bioénergie, de nombreux travailleurs sont potentiellement en danger. L'agriculture a de plus en plus recours à la production de biomasse, et le travail forestier est susceptible de s'intensifier. Les déchets de la biomasse peuvent être toxiques (par exemple, les cendres de bois contiennent des métaux lourds et sont très alcalines).

### Gestion des déchets et recyclage

L'objectif «zéro déchet» est visé, et 70 % des déchets industriels sont à présent recyclés. Il existe un marché pour les sous-produits qui, auparavant, auraient été traités comme des déchets: «vos déchets sont ma matière première». La société adopte en matière de production une approche globale du cycle de vie, dite «du berceau au berceau» («cradle-to-cradle»), qui minimise la quantité de déchets.

La législation impose l'utilisation de matériaux recyclés au détriment de nouveaux matériaux chaque fois que cela est possible. De nouveaux types de matériaux et de produits (comme les composites bambou-plastique et le plastique à haute pression) ne sont utilisés que s'il existe un système capable de les traiter à la fin de leur cycle de vie. Les codes de construction encouragent le recours aux nouveaux matériaux de construction et ciments provenant des déchets.

La mise en décharge des déchets coûte cher et diminue fortement, et les sites existants sont maintenant exploités pour y retrouver des matériaux utiles.

Tous les métaux sont recyclés et les éléments terrestres rares sont récupérés. La détection automatisée des déchets est améliorée à un point tel que le désassemblage robotique des articles mis au rebut devient la norme.

Des techniques telles que la gazéification et la pyrolyse sont utilisées pour extraire l'énergie des flux de déchets. Le compostage aérobie est remplacé par la digestion anaérobie, qui réduit la perte du contenu énergétique.

À la suite de ces mesures, l'utilisation de matières premières par unité du produit intérieur brut (PIB) est à présent bien plus basse qu'elle ne l'était en 2012.

Dessin 6 — Scénario «gagnant-gagnant» — Déchets

«Notre technologie automatisée d'extraction et de récupération des déchets et de réutilisation intelligente est la meilleure technologie disponible...»



«Mais comment savons-nous si de nouvelles sortes de déchets dangereux n'apparaissent pas en de nouveaux endroits???»

Compte tenu de la pression politique visant à encourager le recyclage, les travailleurs sont potentiellement exposés à une très vaste gamme de matériaux. Il est difficile d'identifier la provenance et la composition des déchets, du fait de l'accroissement de leurs volumes. Toutefois, les progrès enregistrés en matière d'étiquetage, de traçage et d'audit des matériaux contribuent au processus d'identification.

Les travailleurs doivent traiter les déchets dangereux, et pas seulement les déchets de valeur, y compris les matériaux provenant des mines urbaines et du recyclage des déchets industriels. Les nanomatériaux apparaissent également de plus en plus dans les déchets de par la généralisation de leur utilisation dans les processus de fabrication. Toutefois, l'utilisation accrue de robots pour trier et gérer les déchets permet d'améliorer la santé et la sécurité des travailleurs.

Pour parvenir à une économie «zéro déchet», il faut traiter le flux de déchets dans la partie finale la plus difficile du flux des déchets, étant donné que ces déchets sous forme concentrée présentent des dangers qui nécessitent un traitement particulier.

**Transport écologique**

Les nouvelles voitures sont devenues pour la plupart électriques avec des véhicules urbains entièrement électriques. Pour les longues distances, l'utilisation de véhicules hybrides électriques rechargeables

munis de moteurs biopétrole et biodiesel efficaces est devenue la norme. Cette évolution s'appuie sur les éléments suivants:

- chargement rapide (à une puissance de 50-100 KW);
- système de tarification intelligente des embouteillages;
- technologie de contrôle pour la «circulation en peloton» (des véhicules très proches se suivant de manière automatique) sur les autoroutes;
- utilisation de nouveaux matériaux pour que le poids des véhicules et leur consommation d'énergie restent faibles.

Le nombre de véhicules non électriques restants est faible; ils utilisent les biocarburants ou le gaz, tandis que certains utilisent l'hydrogène.

La capacité d'autoconduite des véhicules s'est progressivement accrue. Cette technologie a été appliquée selon la séquence suivante: métros, trains urbains, trams, bus et voitures sur autoroutes. Il y a maintenant une acceptation plus grande des voitures en ville. L'exigence minimale relative à la conduite automatique sur autoroute était la suivante: les véhicules doivent pouvoir circuler le long de l'autoroute et pouvoir s'arrêter et se garer en toute sécurité si le conducteur ne reprend pas le contrôle à la fin de cette phase de conduite automatique.

Dessin 7 — Scénario «gagnant-gagnant» — Transport

«Penses-tu que cette nouvelle technologie de la "circulation en peloton" sera entièrement sûre?»



«Jusqu'à quel point la sécurité est-elle sûre?... Au moins, je peux lire mes courriers électroniques quand je veux!»

Par ailleurs, les petits camions de livraison urbains et les transports publics (dont les bus) sont électrifiés. Le transport de fret multimodal rail-route est maintenant utilisé pour les longues distances.

Les systèmes de technologies de l'information et de la communication permettent aux personnes de choisir en connaissance de cause la date et le mode de leur voyage avec un maximum de confort et un minimum de consommation d'énergie, et l'utilisation de systèmes de vidéoconférence efficaces a permis de moins recourir aux voyages d'affaires.

Entretien des réseaux complexes alors que l'on observe une pénurie de compétences constitue un défi important en matière de SST.

La plupart des nouveaux véhicules sont électriques ou hybrides. Le rechargement rapide ou le changement des batteries peuvent présenter des dangers, de même que l'entretien des véhicules électrifiés. Étant donné que les véhicules électriques sont de plus en plus entretenus par des garages indépendants plutôt que par des spécialistes, des risques d'électrocution existent, les travailleurs n'étant pas habitués aux hautes tensions impliquées. Les risques d'incendie ou d'explosion sont particulièrement élevés lors de la phase de chargement rapide des véhicules électriques ainsi qu'après un accident.

Les véhicules sans conducteur et la circulation en peloton ont amélioré la sécurité des personnes qui voyagent pour leur travail. Il existe toutefois le risque d'une trop grande dépendance vis-à-vis de la technologie. Il est dès lors crucial d'obtenir une fiabilité absolue, avec des modes par défaut en cas d'accidents, de problèmes ou de pannes.

### Industrie manufacturière et robotique écologique

Le secteur manufacturier a subi un certain nombre de transformations consécutives à la mise en œuvre de grandes innovations, à la personnalisation de produits fabriqués en série et à la flexibilité des systèmes de fabrication, tels que l'impression 3D. Grâce à une forte automatisation, beaucoup de processus sont exécutés au sein de cellules de fabrication autonomes.

Les robots intelligents collaborent à présent entre eux et coopèrent étroitement avec les humains. Le recours à la bioautomatisation,

qui associe l'être humain, la robotique et les matériaux, passe du domaine des applications de soins de santé (par exemple le traitement des handicaps) à celui du lieu de travail, afin d'améliorer la performance des travailleurs.

La «conception durable» est à présent l'approche dominante, avec une évaluation tout au long de leur cycle de vie des produits et des processus. Nombre de nouveaux matériaux et nanocomposites utilisés sont plus légers, ont un meilleur rendement et laissent une empreinte carbone plus faible. Les produits sont conçus pour pouvoir être démantelés en fin de cycle de vie.

Il existe maintenant une production locale plus distribuée dans les chaînes d'approvisionnement intégrées. Même si le niveau d'automatisation est élevé, et les équipements d'autodiagnostic très performants, des niveaux de compétences élevés sont toujours requis. Il existe toujours des opportunités pour le personnel hautement qualifié.

L'automatisation accrue a renforcé la SST à certains égards, en supprimant certaines tâches dangereuses réalisées par les travailleurs, mais, parallèlement, l'utilisation accrue de robots collaboratifs non entourés d'une cage de protection a induit d'autres risques potentiels.

La complexité croissante et l'utilisation accrue des TIC dans le processus de fabrication automatisée ont entraîné un certain nombre de problèmes en termes d'interface humain-machine. Certains types de défaillances de robots peuvent être difficiles à détecter et sont parfois remarqués trop tard, ce qui met en danger la sécurité des travailleurs.

Le recours croissant à des approches «juste à temps» et «allégées», facilité par l'utilisation de systèmes de fabrication flexibles, se traduit par une pression supplémentaire sur les travailleurs, entraînant des risques psychologiques. Les travailleurs ont recours à des technologies d'amélioration de la performance afin de pouvoir suivre le rythme imposé par les développements techniques, leurs collègues et les robots.

Il existe un certain nombre d'inconnues concernant les effets à long terme sur la santé des nouveaux matériaux et nanocomposites verts à faible empreinte carbone.

Dessin 8 — Scénario «gagnant-gagnant» — Fabrication

«Maintenant que les robots ou "cobots" font la plus grande partie du travail..., de quoi devons-nous nous inquiéter?»

«Ennui... Insécurité... Ne pas se laisser dépasser par l'innovation... Et que faire s'ils restent sur notre chemin?...»



+++ CET ÊTRE HUMAIN  
A UN FAIBLE DOSSIER DE  
FORMATION+++ GARDEZ-LE  
SOUS SURVEILLANCE  
ACTIVE +++

### Énergie renouvelable domestique et à petite échelle

Les entreprises et les individus ont fortement investi dans les technologies énergétiques alternatives en réponse aux prix élevés de l'énergie. Les incitations gouvernementales ont également encouragé ces investissements.

Des compteurs intelligents sont maintenant installés dans tous les foyers et dans les locaux des petites entreprises. Ils sont utilisés pour contrôler et gérer les appareils intelligents et la demande en électricité, compte tenu des exigences du réseau et du prix de l'électricité.

Les entreprises disposant d'espace en toiture pour le photovoltaïque et d'espace ouvert pour des turbines génèrent de l'énergie à titre d'activité secondaire. Les exploitations agricoles et les entreprises utilisant des matières organiques (comme le cuir et les denrées alimentaires) génèrent de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire, du biogaz et du biodiesel.

Les bâtiments résidentiels et les bureaux disposent de panneaux solaires et de systèmes hautement efficaces de combustibles et de production combinée de chaleur et d'électricité. Beaucoup ont également des pompes à chaleur à air et géothermiques. De nouveaux bâtiments sont construits avec une masse thermique élevée pour stocker de la chaleur permettant d'avoir, en règle générale, cinq jours d'eau chaude.

Le rythme et la diversité des changements opérés ont donné lieu à une pénurie de compétences et, partant, à des problèmes de disponibilité des compétences dans le domaine des technologies de l'énergie renouvelable. Il existe de nombreuses nouvelles technologies énergétiques, où des connaissances spécifiques sont nécessaires, mais n'ont pas encore été entièrement développées, et où les «anciennes» connaissances et les pratiques de travail sûres en matière de SST ne sont pas toujours directement transférables.

Les nouveaux venus dans l'industrie ne connaissent pas toujours suffisamment les risques et leurs nouvelles combinaisons. Les PME utilisent de plus en plus leur terrain pour produire de l'électricité comme activité parallèle et peuvent utiliser leurs propres travailleurs, ou sous-traitants, pour installer ou entretenir leurs systèmes d'énergie renouvelable ad hoc, bien que ces travailleurs ne soient pas qualifiés pour ce type de travail.

L'adoption croissante de panneaux photovoltaïques a introduit des risques pour le personnel d'intervention accédant à des espaces sur les toits qui restent sous tension même après que l'alimentation électrique a été coupée.

### Batteries et stockage de l'énergie

L'augmentation de la production d'énergie renouvelable a fait naître le besoin d'un stockage de l'énergie de grande capacité. Pour les réseaux de transmission, plusieurs solutions de stockage de l'énergie de grande capacité se sont révélées commodées et sont progressivement mises en œuvre, comme les systèmes de stockage à grande échelle de l'énergie utilisant des sels fondus (batteries sodium-soufre, 50 MW). D'autres technologies en matière de batteries pour le stockage de l'énergie font appel à des batteries à flux de fluor et de vanadium. Les expériences se poursuivent pour le stockage d'énergie en mer.

Grâce à l'utilisation de connexions à travers l'Europe et aux mises à niveau des capacités, les systèmes hydroélectriques européens sont capables de fournir toute la demande d'électricité européenne plusieurs jours d'affilée.

À plus petite échelle, le réseau de distribution s'appuie sur le stockage d'énergie par air comprimé, le stockage dans les batteries, le stockage thermochimique compact et les volants d'inertie.

Le stockage de l'énergie en batteries à l'échelle domestique est également fréquent étant donné que les batteries «retraitées» des véhicules électriques sont utilisées pour le stockage de l'énergie statique.

L'hydrogène est devenu un vecteur d'énergie populaire, y compris en tant que carburant pour les véhicules, ce qui soulève des questions de transport et de stockage.

Les batteries sont les principaux moyens de stockage de l'électricité, avec des risques potentiels d'incendie et d'explosion, d'exposition aux produits chimiques nocifs et d'électrocution à des tensions élevées. Se fondant sur son expérience des batteries plomb-acide, le grand public pense généralement à tort que toutes les nouvelles batteries sont sûres.

Quant aux grandes installations en mer, une réglementation spécifique en matière de SST est en place pour le stockage de l'énergie dans les fonds marins, ce qui, bien qu'il ne s'agisse que d'un concept relativement basse technologie, implique des tensions et des niveaux d'électricité élevés dans un environnement exigeant, compliquant ainsi les travaux d'installation et d'entretien.

Dessin 9 — Scénario «gagnant-gagnant» — Systèmes énergétiques



### Transmission et distribution de l'énergie

À la suite de tous les changements apportés à la production d'énergie et à la gestion de la demande au niveau de la transmission et de la distribution, la fourniture d'énergie est à présent très complexe. Il existe des architectures de réseau bidirectionnelles à tarification flexible, des incitations à utiliser du stockage, et des compteurs intelligents pour contrôler l'ensemble du dispositif.

Un «réseau super-intelligent» utilisant des technologies de courant continu haute tension transmet maintenant l'électricité produite à partir de sources renouvelables sur de grandes distances entre des points en Afrique du Nord, dans la région méditerranéenne et dans le nord de l'Europe.

La complexité de ce réseau super-intelligent rend difficile le maintien d'un contrôle du réseau exercé du sommet vers la base et, partant, génère des problèmes en termes de SST. Le risque principal en matière de SST provient de l'augmentation du travail en flux tendu pour faire face au rythme soutenu du changement. Les dangers liés aux risques de chocs électriques, brûlures, incendies et explosions sont certes bien connus, mais concernent à présent différentes personnes dans différentes situations. L'augmentation du stockage de l'électricité constitue une dimension supplémentaire. La pression liée à la charge de travail peut conduire à engager du personnel inexpérimenté.

## 5.2. Scénario «le profit d'abord»

### Croissance économique élevée

Vue rétrospectivement depuis l'année 2025, il apparaît qu'après un timide redémarrage en 2012, la croissance dans l'UE et les pays de l'OCDE a retrouvé les niveaux antérieurs à la crise économique de 2008. Les pays en développement ont également connu une croissance élevée similaire à celle de la première décennie du siècle. Une forte croissance a mené à un prix élevé des ressources naturelles, y compris celui de l'énergie.

### Valeurs vertes faibles

Après 2012, la croissance économique était la priorité, et la dégradation de l'environnement était considérée comme une conséquence inévitable du renforcement des économies de l'UE. Face aux coûts d'une économie verte, le grand public ne valorise pas suffisamment l'écologie pour inciter les gouvernements et les entreprises à agir en conséquence. Les mesures gouvernementales en faveur des pratiques vertes se limitent à l'imposition de taxes sanctionnant pour les effets néfastes visibles de la production (tels que le bruit, la pollution, la mise en décharge des déchets et les embouteillages).

### Niveau moyen d'innovation dans les technologies vertes (innovation axée sur la recherche de profits)

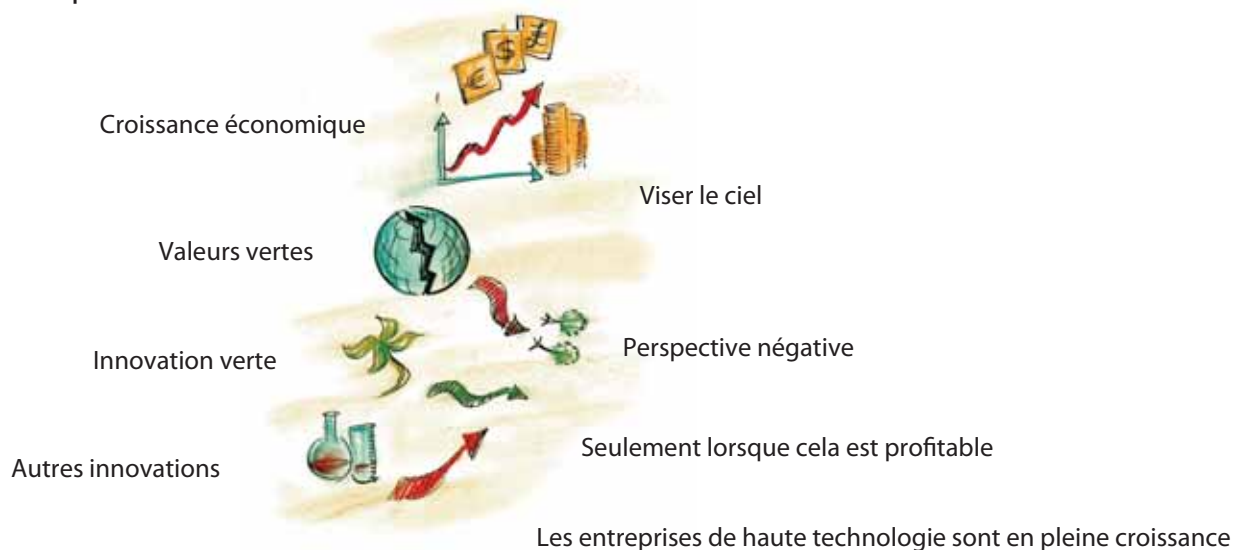
La plupart des consommateurs et des entreprises ne choisissent des produits et services verts que s'ils sont meilleurs ou moins coûteux que les alternatives existantes. Les innovations en matière de technologies vertes sont limitées aux domaines qui dégagent un retour positif en termes financiers.

### Niveau d'innovation totale élevé

Les technologies connaissent sans cesse de nouvelles avancées, que l'on intègre à de nouveaux produits et de nouveaux processus. Grâce à un niveau élevé d'investissement de capitaux, des technologies coûteuses peuvent être rapidement déployées. Grâce à la rentabilité des entreprises et à l'accès à des financements, le niveau d'investissements dans les infrastructures est élevé. Les conséquences environnementales d'une utilisation croissante des ressources sont considérées comme acceptables et nécessaires.

Les sciences de l'énergie continuent d'apporter des améliorations en matière d'efficacité énergétique et d'énergie à faible teneur en carbone, mais il est à présent manifeste que des compromis exigeants et inacceptables seraient nécessaires pour parvenir à un avenir «zéro carbone».

Dessin 10 — Scénario «le profit d'abord» — Contexte



Dessin 11 — Scénario «le profit d'abord» — Systèmes humains

«Forer à 4 000 m, c'est facile... Personne ne peut rien voir, donc tu continues...»



«Le travail posté de nuit est le plus dur — de 19h00 à 7h00... Heureusement que nous sommes autorisés à aller aux toilettes à minuit!»



«Tu sembles être content de ton travail... et il te permet aussi d'acheter une nouvelle voiture de sport.»



«Nous gelons ici... J'aimerais investir dans l'efficacité énergétique mais cela réduirait les bénéfices de cette année!»

### Société et travail

La plupart des individus dans l'UE se sentent à présent plus prospères qu'en 2012. Ils accordent davantage de valeur au bien-être qu'à l'environnement, mais sont prêts à payer le prix nécessaire pour disposer d'un milieu de vie agréable.

Les entreprises s'emploient à générer des profits dans le présent et dans l'avenir. De nouveaux emplois apparaissent à un rythme relativement rapide et les taux d'emploi sont élevés. La mobilité des travailleurs est elle aussi élevée, et les travailleurs peu qualifiés sont souvent exploités de par l'existence d'inégalités.

L'augmentation des niveaux de revenus et des profits des entreprises a permis aux gouvernements européens de financer des programmes sociaux durables.

Des médicaments visant à améliorer la performance humaine sont systématiquement utilisés au travail.

#### Situation générale en matière de SST dans le cadre du scénario «le profit d'abord»

Dans une économie saine, des fonds sont disponibles pour investir dans la SST et pour sécuriser les infrastructures et les processus d'entreprises, mais la SST est d'une importance relativement faible pour la plupart des gouvernements. Les employeurs considèrent que la SST est importante en termes d'incidences sur les profits.

De nouveaux emplois et de nouveaux produits génèrent de nouveaux dangers, et une grande partie de la population est rapidement exposée aux nouvelles technologies, du fait de leur déploiement rapide.

En termes de SST, la réglementation est plus efficace que l'éducation.

À l'instar du scénario «gagnant-gagnant», le rythme soutenu de l'innovation s'accompagne d'une pénurie de compétences. Il s'ensuit une polarisation de la main-d'œuvre en termes de compétences, où les travailleurs moins qualifiés trouvent plus facilement des emplois caractérisés par des conditions de travail plus mauvaises et plus dangereuses.

### Énergie éolienne

La forte croissance économique et la rareté des ressources ont fait grimper les prix de l'énergie au point que, dans les lieux favorablement situés, l'énergie éolienne peut générer de l'électricité à un prix comparable à celui des autres sources d'approvisionnement.

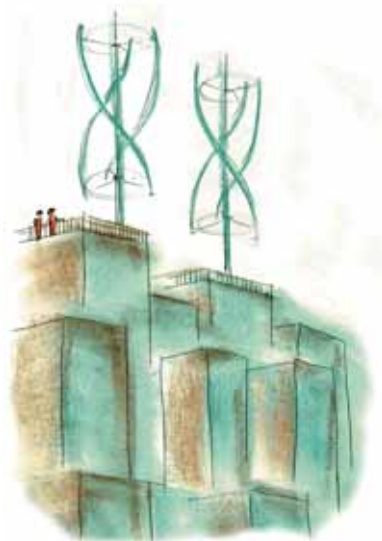
La plupart des parcs éoliens les plus récents se trouvent sur des sites terrestres, et beaucoup sont plus proches des zones où la demande est la plus élevée. Les prescriptions urbanistiques et les évaluations de l'impact sur l'environnement ont été assouplies, ce qui a permis d'installer davantage de parcs éoliens dans les zones urbaines.

Il n'y a plus de subventions ou de tarifs verts pour soutenir le développement des parcs éoliens plus coûteux. Lorsque ce soutien a disparu, il y a eu une ruée pour développer des parcs éoliens avant la date finale. Les anciens parcs éoliens sont déclassés, car le rééquipement ne serait pas viable d'un point de vue économique.

La conception des turbines a principalement été fondée sur la recherche d'un bon rapport qualité/prix, en particulier d'une maintenance peu coûteuse. Les turbines très larges envisagées en 2012 n'ont jamais été construites, et l'industrie installe maintenant principalement des turbines dont la puissance est comprise entre 5 et 7 MW. Des modèles standards basés sur des plateformes simples (comme certains modèles de voiture) et des régimes d'entretien novateurs ont contribué à la réduction des coûts.

Dessin 12 — Scénario «le profit d'abord» — Énergie éolienne

«...des règles de planification plus souples permettent aux grandes entreprises énergétiques de placer des turbines sur les immeubles d'appartements...»



«Pense au profit que nous allons réaliser avec ça...! Le rapport coût/efficacité ne pourrait pas être meilleur.»

Compte tenu de l'utilisation de turbines plus petites, principalement en zone terrestre, la construction et l'entretien ne sont pas aussi dangereux que dans les deux autres scénarios, bien que la proximité de centres urbains engendre des risques potentiels pour un plus grand nombre de personnes, y compris les travailleurs.

L'essentiel du travail de maintenance étant sous-traité, il est plus difficile de surveiller l'organisation du travail et il y a un risque de renvoi de la faute et d'absence de diligence raisonnable par le responsable final. La pression sur les coûts peut induire une plus grande prise de risques. De nombreux travailleurs sont des migrants peu qualifiés dotés de faibles connaissances en matière de SST.

Le déclassement des anciens parcs éoliens qui n'ont pas été conçus pour permettre un démantèlement sûr met les travailleurs en grand danger.

L'utilisation de nouveaux composites et nanomatériaux pour la fabrication des turbines éoliennes peut avoir engendré de nouveaux dangers pour la santé pour les personnes travaillant dans la fabrication, la maintenance, le démantèlement et le recyclage.

Point positif, l'utilisation de modèles normalisés a réduit la complexité et a simplifié les travaux de maintenance.

#### Construction écologique

Le taux de roulement du parc immobilier est élevé, et les conceptions ostentatoires sont courantes. La plupart des nouveaux bâtiments sont des conceptions modulaires préfabriquées avec des services préinstallés. On observe une automatisation croissante dans les nouveaux bâtiments, en matière d'assemblage et pour ce qui est de la rénovation.

Conséquence du prix élevé de l'énergie, un haut niveau d'isolation est devenu la norme. Les nouveaux bâtiments disposent à présent de dispositifs photovoltaïques intégrés pour produire de l'énergie, et on utilise des tuiles photovoltaïques (intégrant les nouvelles technologies photovoltaïques) pour les rénovations.

Les bâtiments ne sont pas conçus pour être recyclés, et les déchets vont à la décharge. Les déchets contaminés sont exportés, ou mélangés à des flux de déchets propres.

Dessin 13 — Scénario «le profit d'abord» — Construction

«Dis, il est écrit sur ce tube d'enduit qu'il est "extrêmement toxique et dangereux"...

Pourquoi n'en n'utilisons-nous donc pas un plus sûr?»



«Tu ferais mieux de ne rien dire si tu veux garder ton bonus...»



La sous-traitance est utilisée pour réduire les coûts; les pressions exercées sur les sous-traitants les conduisent à faire des économies exagérées.

La construction automatisée hors site de bâtiments modulaires a amélioré la sécurité sur les sites étant donné que l'on y effectue beaucoup moins de tâches. Toutefois, les travaux de construction étant de plus en plus réalisés dans les usines, de nouveaux risques émergent car les travailleurs sont exposés à de nouvelles substances.

Sur les sites, des risques électriques apparaissent du fait que les bâtiments anciens et les bâtiments nouveaux doivent être intégrés dans le réseau intelligent (intégration d'appareils intelligents, de technologies de stockage de l'énergie, etc.). Dans des villes toujours plus peuplées, la tendance à construire sous terre a contribué à accroître l'encombrement souterrain.

Compte tenu du nombre élevé de nouvelles constructions, il faut gérer une grande quantité de matériaux de construction issus des travaux de démolition. Par rapport au scénario «gagnant-gagnant», des bâtiments plus récents sont démolis, ce qui expose les travailleurs à de nouveaux dangers liés aux matériaux modernes. Les déchets issus des travaux de démolition sont envoyés à la décharge plutôt que recyclés. Pour rénover les bâtiments existants, les travailleurs sont davantage à l'œuvre sur les toitures afin d'y installer des panneaux solaires et de petites turbines éoliennes, avec le risque de chute ou d'exposition au plomb et à l'amiante lors du démantèlement d'anciennes structures. Le manque de ventilation adéquate lors de la rénovation des systèmes d'isolation est devenu un problème car ce type de travail attire les travailleurs de la construction habitués à travailler en extérieur et qui, partant, n'ont pas conscience de la nécessité d'une ventilation intérieure correcte.

### Bioénergie

Il y a de nombreux déchets à collecter pour leur contenu énergétique, et ces déchets sont incinérés lorsque cela se révèle rentable.

Les sources de biomasse (les forêts et l'agriculture, et les déchets agricoles) sont utilisées suivant la voie la plus rentable. Les centrales au charbon, au gaz naturel ou au fuel persistent, complétées par de nombreuses centrales à petite échelle générant du biocarburant localisé et de la biomasse pour une production combinée de chaleur et d'électricité.

L'utilisation de biocarburants de deuxième génération (carburants liquides et denrées alimentaires chimiques provenant de la lignine et de la cellulose) est devenue courante, stimulée par des innovations rapides en matière de modification génétique et de biologie synthétique.

Les prix élevés de l'énergie encouragent le recours aux biocarburants de troisième génération, y compris des technologies issues de la biotechnologie médicale.

Les digesteurs de méthane et la pyrolyse sont utilisés pour générer du biogaz.

À l'instar du scénario «gagnant-gagnant», le stockage et la gestion de la biomasse exposent les travailleurs à des risques physiques, à des risques chimiques et biologiques et à des risques d'incendie et d'explosion. Ceux-ci peuvent être atténués grâce au recours à l'automatisation. Cependant, même lorsque la biomasse est traitée de manière automatique, les chaudières qu'elle alimente représentent des sources de fumée et de poussières.

Caractérisé par de petits sous-traitants travaillant sous la pression des coûts, le travail s'est intensifié avec pour résultat une augmentation des risques.

Les biocarburants de troisième génération produits par des organismes créés par biologie synthétique constituent une source potentielle de risques biologiques.

### Gestion des déchets et recyclage

L'UE est une société dont la culture est celle de la forte consommation et du jetable. Il existe de nombreux nouveaux produits novateurs qui, en principe, ne sont pas conçus pour le recyclage. Les flux de déchets ne sont considérés comme une ressource que s'ils peuvent être vendus.

Le traitement des déchets est stimulé sous l'effet des prix élevés de l'énergie et des matières premières et en raison du manque d'espace pour les décharges. Certains déchets sont triés automatiquement, mais seulement lorsque cela est moins coûteux que le travail manuel. Les déchets de grande valeur sont recyclés et l'énergie des déchets secs est récupérée.

Dessin 14 — Scénario «le profit d'abord» — Bioénergie

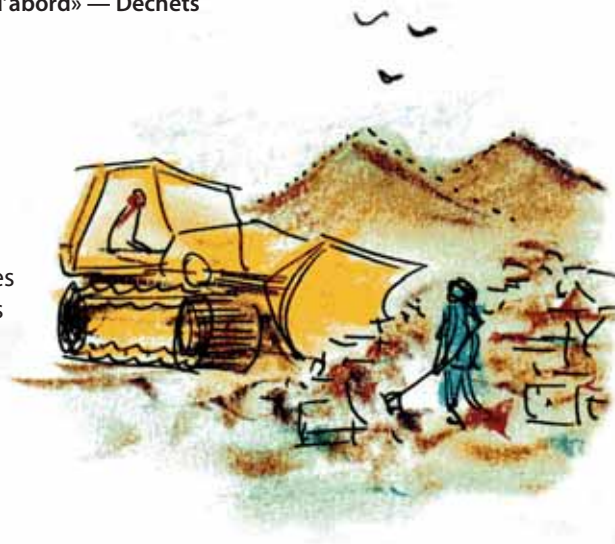
«Bon, tu as une idée de ce qui se trouve dans le silo numéro 2 aujourd'hui??»



«Aucune idée, non... Mais nous devons sortir ça de là avant l'arrivée de l'équipe du matin.»

Dessin 15 — Scénario «le profit d'abord» — Déchets

«As-tu pensé à investir dans l'extraction et la récupération automatisées des ressources présentes dans les décharges?»



«Pourquoi investir dans l'automatisation alors qu'il y a tant de main-d'œuvre bon marché??»

De grandes quantités de déchets vont à la décharge, où ils sont traités comme une ressource future pour l'exploitation minière et le biogaz. Les ménages paient le traitement des déchets en fonction du volume, d'où l'utilisation de compacteurs, d'incinérateurs et de digesteurs domestiques afin de payer le moins de taxes possible.

Compte tenu du niveau élevé d'innovation mais aussi du manque d'attention accordé à la recyclabilité, le processus de traitement des déchets peut être dangereux. Ce traitement est parfois automatisé, mais seulement lorsque cela s'avère moins coûteux, et non pour des raisons de SST.

Conséquence du rythme rapide de l'innovation, de nouveaux matériaux apparaissent et sont convertis en déchets avant que la SST ne puisse être prise en considération. Cette société étant celle du jetable, un nombre élevé de travailleurs interviennent dans le traitement des déchets et sont donc potentiellement exposés.

Dans un monde toujours plus complexe dominé par l'appât du gain, l'exposition à plusieurs facteurs combinés peut constituer un problème.

Le coût élevé de l'élimination des déchets peut conduire le producteur de déchets à davantage les traiter en interne, d'où un transfert du risque du professionnel du traitement des déchets vers le producteur des déchets, par exemple le propriétaire d'une entreprise (micro-entreprise, PME, ou encore personne privée) qui utilise des digesteurs, des compacteurs de déchets ou des incinérateurs de petite taille.

#### Transport écologique

Durant la dernière décennie, la demande de transport a continué d'augmenter, tous modes confondus. L'encombrement aérien et les embouteillages routiers se sont accrus, malgré la perception d'une taxe en cas d'encombrement aérien ou routier ou d'utilisation du réseau routier.

Les véhicules électriques sont parfois utilisés comme véhicules urbains, mais les véhicules hybrides constituent la plus grande partie des nouveaux véhicules vendus. On observe une demande significative de carburants fossiles pour le transport, et le prix élevé constitue une incitation à recourir à des solutions de transport plus efficaces.

Dessin 16 — Scénario «le profit d'abord» — Transport

«Oui, ces anciennes batteries de voiture devraient convenir, pas de carnet d'entretien, mais je n'ai jamais eu aucun problème...»



«Pas besoin de garantie... J'ai juste besoin de 20 unités pour mon installation domestique.»

Un marché s'est développé pour la vente des batteries retirées des véhicules électriques ou hybrides en vue de leur utilisation à des fins de stockage de l'énergie dans les bâtiments.

Les trains et les trams urbains sont maintenant pour la plupart entièrement automatisés.

Comme dans le scénario «gagnant-gagnant», l'entretien et le rechargement des véhicules électriques génèrent désormais des dangers importants parce que ces véhicules sont de plus en plus nombreux et que ces tâches sont à présent réalisées par des travailleurs indépendants et non plus par des fournisseurs et des responsables d'entretien spécialisés.

Les risques liés à l'utilisation croissante de véhicules électriques ne se limitent pas au seul véhicule. Les batteries des véhicules en fin de cycle de vie sont utilisées pour stocker l'électricité dans les bâtiments. Outre les risques classiques d'incendie et d'explosion associés à l'utilisation de batteries, il faut compter avec le fait que les batteries utilisées ici pour le stockage de l'énergie risquent d'être dégradées, de se décomposer, de ne pas être étiquetées ou d'être de provenance ou de conception inconnue.

L'automatisation des véhicules se révèle positive en matière de SST pour les conducteurs, bien que l'excès de confiance dans la fiabilité des technologies puisse s'avérer problématique. La technologie utilisée doit être absolument fiable et inclure des modes de dépannage en cas d'incidents.

### Industrie manufacturière et robotique écologique

On observe un niveau élevé d'innovation générale, et de nombreux nouveaux matériaux (y compris les nanomatériaux) et processus automatisés et robotiques sont utilisés dans la production. La biotechnologie est de plus en plus utilisée dans la fabrication.

Au cours de la dernière décennie, la personnalisation de produits fabriqués en série et la flexibilité des systèmes de fabrication, tels que l'impression 3D, ont modifié le paysage industriel, qui inclut une production locale distribuée dans des chaînes d'approvisionnement intégrées. Les économies d'échelle liées à la production de masse ont été préservées, même pour des lots à une seule pièce. La plupart des

emplois sont fondés sur les connaissances, et la sous-traitance fait partie intégrante des processus.

Comme dans le scénario «gagnant-gagnant», l'automatisation accrue a amélioré la SST en supprimant certaines des tâches dangereuses réalisées par les travailleurs, mais cela est dû à un souci d'efficacité, plutôt que de sécurité. Parallèlement, l'utilisation croissante de robots collaboratifs a induit d'autres risques potentiels.

La complexité croissante et l'utilisation accrue des TIC dans le processus de fabrication automatisée ont entraîné un certain nombre de problèmes en termes d'interface humain-machine, mais, compte tenu des fortes pressions exercées dans le cadre du scénario «le profit d'abord», les travailleurs se tournent vers des médicaments et des technologies d'amélioration de la performance afin de soutenir le rythme exigé.

Les considérations de sécurité (par opposition aux considérations de santé) sont de plus en plus intégrées dans les processus, et ce afin d'éviter toute perte de production, les employeurs étant moins préoccupés par les questions de santé à long terme.

L'utilisation de systèmes de fabrication décentralisés, tels que l'impression 3D ou d'autres techniques de fabrication rapide, peut conduire de nouveaux groupes de travailleurs à être exposés à des risques de production (poussières nuisibles, produits chimiques ou lumière laser) sans que ces travailleurs soient formés de manière appropriée pour gérer ces risques.

Il peut y avoir de nouvelles maladies professionnelles provoquées par l'exposition à de nouveaux matériaux. Sans registre d'exposition, il est difficile de lier l'origine de la maladie à l'emploi occupé, car plus personne ne reste dans la même chaîne de production tout au long de sa carrière.

### Énergie renouvelable domestique et à petite échelle

Après 2012, les prix de l'énergie renouvelable ont fait l'objet d'une opposition publique croissante. Les prix de rachat ont été diminués, d'où un niveau d'investissement limité dans l'énergie domestique et à petite échelle lors de la dernière décennie. Des «histoires

Dessin 17 — Scénario «le profit d'abord» — Industrie manufacturière

«Bonjour, que puis-je faire pour vous??»

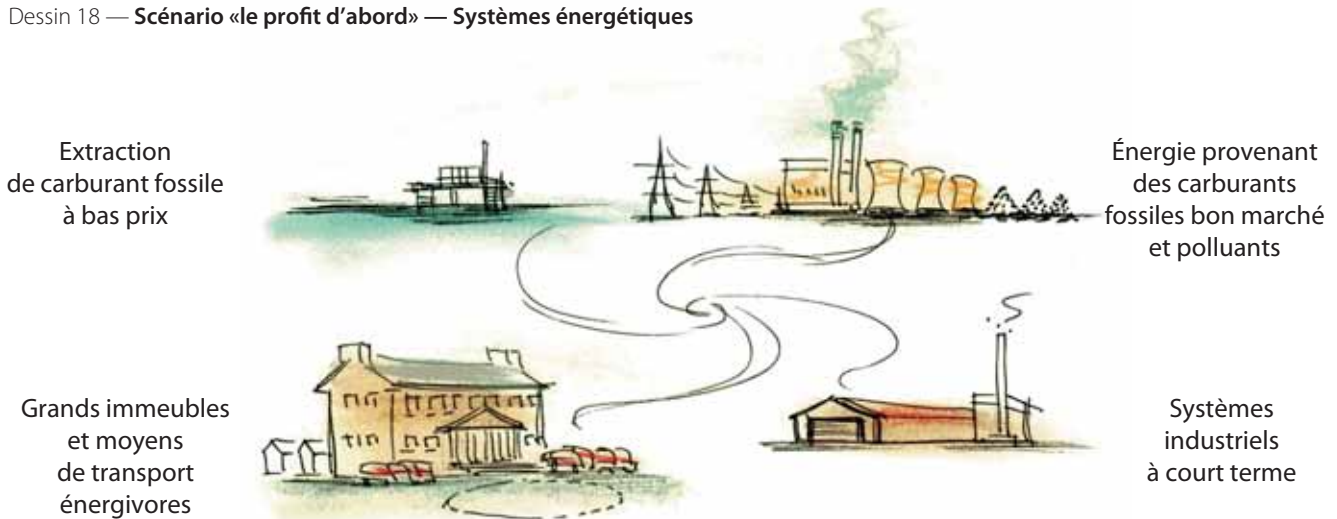
*(...Je n'ai travaillé que dans la vente... On attend de moi que je devienne également un fabricant.*

*Il suffit d'appuyer sur des boutons en espérant que tout aille bien!*



«Je voudrais un Zpad 4.2... vert citron et mauve... et une tasse de café pendant que je patiente, s'il vous plaît.»

Dessin 18 — Scénario «le profit d'abord» — Systèmes énergétiques



effrayantes» de personnes désargentées contraintes de moderniser leurs installations électriques après l'enlèvement de leur compteur d'électricité ont également provoqué de fortes réactions de protestation contre l'utilisation de compteurs intelligents. Conséquence du coût croissant de l'énergie, l'isolation des bâtiments est devenue un thème de plus en plus important.

Les opérateurs des réseaux encouragent une certaine production distribuée, mais seulement dans des zones particulières, en tant que moyen d'économie au regard des coûts de modernisation du réseau.

Lors de la période précédant celle où les installations photovoltaïques et le réseau ont atteint un niveau de parité, le retrait soudain des subventions a entraîné une certaine panique consécutive à la ruée pour respecter les délais, et les travailleurs ont dû exercer leurs tâches dans la précipitation, ce qui a induit des risques en matière de SST, dont des risques psychosociaux liés au travail.

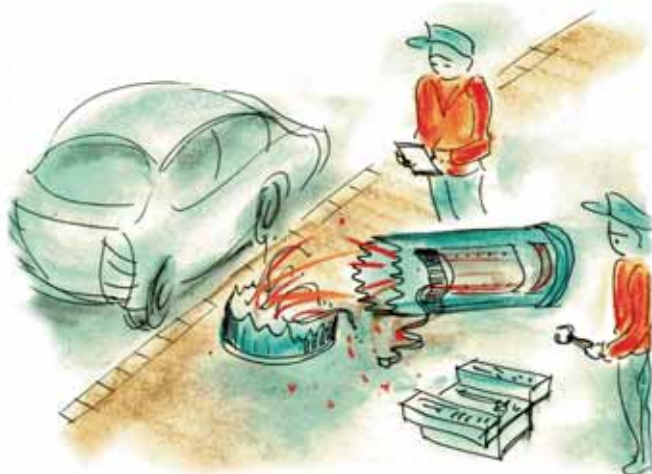
L'utilisation de produits importés moins chers, parfois de moins bonne qualité ou même contrefaits, a engendré des risques accrus, notamment lorsque l'installation a été effectuée par des nouveaux venus dans le secteur ou par les propriétaires eux-mêmes.

#### Batteries et stockage de l'énergie

Le réseau a conservé son architecture essentiellement unidirectionnelle, la plus grande partie de l'électricité étant toujours fournie par de grands générateurs. Compte tenu du niveau limité de production distribuée et intermittente, le niveau d'investissement dans les réseaux de transmission. Il convient de noter une seule exception, celle des infrastructures hydrauliques par pompage pour l'équilibrage de la charge, investissement réalisé dans le but d'éviter les coûts de modernisation des réseaux.

Les applications de stockage sur les réseaux de distribution sont spécialisées et limitées. Certains modes de stockage de l'énergie (comme les volants d'inertie, les condensateurs, les batteries, l'air comprimé

Dessin 19 — Scénario «le profit d'abord» — Limites des ressources



«Les voleurs feraient n'importe quoi pour se procurer un peu de cuivre et de zinc dans les stations de recharge des véhicules»

«Le problème, c'est que nous ne savons pas quels sont les fils sous tension...»

et l'hydraulique) sont utilisés dans le réseau pour l'équilibrage de la charge et afin d'éviter les coûts de modernisation du réseau. On utilise également des volants d'inertie et des supercondensateurs pour des applications spécialisées de transport public.

Les risques de coupures de courant sont plus élevés en raison d'investissements limités dans les réseaux intelligents et dans les infrastructures de stockage. Le recours au stockage de petite capacité, via des séries d'anciennes batteries de véhicules électriques, présente donc un intérêt croissant. Les systèmes photovoltaïques domestiques sont également conçus pour fournir de l'électricité en cas de coupure de courant.

Le développement des véhicules hybrides a été favorisé, d'où des exigences moindres en termes de stockage d'énergie.

De nouveaux modèles de batteries continuent d'apparaître, engendrant des risques potentiels liés à des produits chimiques, à des métaux cancérigènes, aux poussières, à des fibres, aux nanomatériaux et aux risques d'incendie. Le traitement des déchets des batteries soulève des questions en termes de recyclage, de dégradation et de risque d'incendie. Il est difficile de déterminer le contenu précis d'un type particulier de batterie, car cet aspect relève souvent du secret commercial.

Les batteries utilisées dans les bâtiments pour le stockage de l'énergie constituent un danger car les personnes ne sont pas conscientes des risques liés à une surcharge.

L'hydrogène est utilisé comme vecteur d'énergie, mais cette substance est difficile à manipuler et présente des risques d'incendie et d'explosion, ainsi que des risques liés à sa forme liquide cryogénique.

### Transmission et distribution de l'énergie

La demande d'énergie continue de connaître une forte croissance. Les investissements dans les réseaux de transmission et de distribution et dans une infrastructure de réseau intelligent ont été insuffisants. Ce besoin d'investissements constitue à présent un problème majeur.

Il y a eu des investissements dans les interconnexions lorsque l'attrait commercial était fort.

Depuis 2012, le prix du cuivre a doublé et l'utilisation de câbles en aluminium a augmenté. Le vol de métaux est devenu une préoccupation importante dans le secteur de l'énergie en particulier, ainsi que de manière plus générale.

Il existe des risques liés aux coupures de courant, la pression sur les coûts ayant entraîné une diminution de la capacité de production de réserve. Les risques sont liés à l'obscurité soudaine et à la perte de courant, notamment pour l'utilisation de machines, ainsi qu'à d'autres situations où la sécurité joue un rôle critique. La pression pour accroître la capacité du système stimule l'élaboration de nouvelles solutions, mais réduit la marge de sécurité. La substitution des câbles en cuivre par des câbles en aluminium, due une fois encore au prix toujours plus élevé du cuivre, a induit un risque accru de production d'étincelles et de défaillance aux points de jonction.

### 5.3. Scénario «vert intense»

#### Croissance économique faible

Depuis 2012, la croissance économique au sein de l'UE a été faible, et certains pays sont toujours confrontés à des problèmes de dette souveraine. Les pays BRIC<sup>(2)</sup> n'ont pas retrouvé leurs précédents taux élevés de croissance et connaissent à présent un taux de croissance annuelle de 5 %. D'autres pays en développement affichent un taux de croissance économique à peu près conforme au taux de croissance de leur population.

#### Valeurs vertes fortes

Les valeurs vertes se sont renforcées ces dix dernières années, et tant les entreprises que les individus ont massivement soutenu les comportements respectueux de l'environnement. Ce soutien a donné aux pouvoirs publics la latitude nécessaire pour adopter des mesures législatives visant à réduire fortement et progressivement les émissions de carbone. Une diminution de la croissance est considérée comme le prix à payer pour un avenir vert.

(2) Le sigle BRIC représente les pays suivants: Brésil, Russie, Inde et Chine.

Dessin 20 — Scénario «vert intense» — Contexte



Dessin 21 — Scénario «vert intense» — Systèmes humains

«Les panneaux solaires sont super car ils sont "écologiques"... Pas besoin de compétences ou de qualifications, il suffit de monter sur le toit et de les installer.»



«Bienvenue dans notre coopérative d'énergie éolienne...»

«Tout le monde apprécie ce service écologique de livraison à vélo... mais la remorque devient de plus en plus lourde!»



«Nous pouvons alimenter l'usine à partir de ces anciennes batteries de véhicules électriques... Rappelle-moi: est-ce le fil jaune ou le fil bleu qui se connecte au fil blanc??»

Grâce aux progrès de la climatologie, on sait désormais combien l'humanité est vulnérable face aux changements climatiques. Les populations s'inquiètent de plus en plus de la perte des écosystèmes et de la pénurie des ressources.

**Niveau moyen d'innovation dans les technologies vertes (innovation axée sur l'aspect écologique)**

La volonté d'un avenir vert, respectueux de l'écologie, a entraîné des progrès en ce qui concerne les améliorations de l'efficacité énergétique et l'objectif d'un avenir «zéro carbone». On enregistre sans cesse de nouvelles avancées technologiques, mais les technologies coûteuses n'ont pas été déployées rapidement en raison du faible niveau d'investissement de capitaux. Le succès commercial passe par la fourniture de produits et services verts adaptés.

Des innovations significatives de petite échelle ont été observées au niveau local, pour répondre aux questions écologiques; nombre d'entre elles étaient orientées vers l'autosuffisance.

Les sciences de l'énergie continuent d'apporter des améliorations en matière d'efficacité énergétique et d'énergie à faible teneur en carbone, mais il est à présent évident que des compromis exigeants seront nécessaires pour parvenir à un avenir «zéro carbone».

**Niveau moyen d'innovation totale**

La priorité était de diriger l'innovation vers la réalisation d'un avenir vert.

**Société et travail**

Durant la dernière décennie, la priorité principale était de tendre vers un avenir vert, aux dépens de la croissance et des autres objectifs sociaux. Par conséquent, le taux de chômage est à présent plus élevé, et les profits des entreprises sont plus faibles. Compte tenu de la plus faible valeur de la base d'imposition, la capacité des gouvernements de l'UE à financer les demandes croissantes de prestations sociales a diminué.

La prise en compte des questions environnementales dans l'économie et la société a donné lieu à la création de nombreux nouveaux processus et à de nouvelles entreprises, générateurs de nouveaux

emplois verts. Les entreprises consacrent l'essentiel de leur énergie à assurer leur survie et à réduire les coûts, tandis que les travailleurs s'inquiètent à l'idée de rejoindre la masse des chômeurs.

L'innovation continue d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire l'empreinte des émissions carbone, mais, de toute évidence, d'importants compromis seront nécessaires pour parvenir à un avenir «zéro carbone». Malgré les difficultés, on considère généralement qu'il vaut la peine de faire des sacrifices pour assurer un avenir vert.

**Situation générale en matière de SST dans le cadre du scénario «vert intense»**

La faible croissance économique a incité les employeurs à faire des économies exagérées, ce qui a rendu plus difficiles les investissements dans des infrastructures plus saines et plus sûres.

Du fait de la tendance à aller vers des entreprises décentralisées plus locales et plus petites (s'agissant notamment des micro-entreprises et des emplois indépendants), il est plus difficile d'atteindre les lieux de travail pour diffuser de bonnes pratiques en matière de SST et de vérifier le respect des exigences en la matière.

L'accent étant mis sur la réduction de la consommation d'énergie et de biens physiques, la plupart des nouveaux emplois se trouvent dans le secteur des services. De nombreuses nouvelles petites entreprises, qui ont souvent un déficit de compétences, voient le jour afin de satisfaire ces besoins. Une approche fondée sur la notion de «réparer au lieu d'acheter» favorise une remise en service des équipements plutôt que leur remplacement. Il y a donc des risques associés à l'utilisation de vieux équipements.

Ce scénario conduit à davantage d'emplois manuels difficiles et «sales» (dans la réparation, la maintenance, le stockage des déchets, etc.) que dans le cadre des autres scénarios, ainsi qu'à plus d'innovation et d'automatisation. Mais le déploiement relativement lent de certaines nouvelles technologies et produits laisse plus de temps pour assimiler les nouveaux dangers et risques.

Il existe de nombreux nouveaux processus verts et de nombreuses nouvelles entreprises vertes, qui tous nécessitent de nouvelles procédures et formations en matière de SST.

Dessin 22 — Scénario «vert intense» — Énergie éolienne



«Regarde-moi cette turbine! Elle a largement dépassé la durée de vie initialement prévue!! Nous ne pouvons obtenir que des pièces reconditionnées de nos jours...»

«C'est épuisant de passer sa journée à monter sur ces vieilles turbines sans ascenseur... Si seulement on avait de nouvelles turbines!»

### Énergie éolienne

Malgré le fort soutien accordé aux valeurs vertes et l'appui politique, le manque de capital a entravé le développement de l'énergie éolienne. La puissance éolienne totale dans l'UE a récemment franchi le cap des 100 GW. Parmi les sites en pleine mer envisagés en 2012, peu ont été construits.

Ces dix dernières années, les projets ont eu tendance à être plus petits, avec des opérations de densification. La plupart des turbines sont relativement petites et génèrent une puissance comprise entre 3 et 5 MW. Les derniers modèles utilisaient généralement des générateurs et des transformateurs à entraînement direct dans la nacelle.

La priorité des principaux acteurs toujours présents dans le secteur de l'énergie éolienne est de diminuer les coûts et de minimiser les investissements nécessaires pour fournir de l'énergie éolienne. Les attitudes de type «réparer au lieu d'acheter» ont encouragé les propriétaires à remettre en service d'anciens parcs éoliens plutôt que de les remplacer. De même, grâce aux progrès technologiques, des turbines de 1 MW installées sur des tours ont été remplacées par des installations de 3 MW.

Les questions de fin de cycle de vie et de maintenance sont des considérations cruciales en matière de SST. L'économie requiert le maintien des anciennes installations, et les systèmes doivent pouvoir fonctionner quelles que soient les conditions météorologiques. Les anciennes turbines éoliennes n'ont pas été modernisées en vue d'inclure des dispositifs ergonomiques ou de sécurité, tels que des ascenseurs, en raison de la pression sur les coûts. Les risques physiques associés à la montée et au travail dans les tours sont devenus significatifs, notamment parce qu'un nombre croissant de travailleurs âgés ne peuvent partir à la retraite.

### Construction écologique

Les constructions ont été limitées et le parc immobilier a peu changé depuis 2012. Toutes les constructions sont fortement écologiques et intègrent une part élevée de matériaux recyclés.

Les propriétaires ont été contraints de rénover leurs maisons pour satisfaire à de nouvelles normes, avec quelques subventions, mais principalement à leurs frais.

Dessin 23 — Scénario «vert intense» — Construction



«Ce programme «rénovation photovoltaïque» est un emploi pour la vie!!

Il faut juste faire attention à ne pas inhaler de substances ou de fibres inconnues... Et aussi à ne pas glisser à cause de la pluie et tomber de l'échelle!»

Dessin 24 — Scénario «vert intense» — Bioénergie et déchets

«Vos déchets sont mes ressources”..., mais ces brouettes sont de plus en plus lourdes...»



«J'aimerais vraiment savoir ce qu'il y a là-dedans!!»

Les bâtiments font l'objet de réglementations et de contrôles gouvernementaux, notamment en matière de limites de chauffage et de refroidissement.

Compte tenu du nombre relativement faible de nouvelles constructions, les risques principaux pour les travailleurs sont liés à l'exposition à de nouveaux matériaux durant les rénovations et le traitement connexe des déchets (dont l'amiante) et à la mise à niveau des technologies d'énergie renouvelable, qui impliquent un travail en hauteur et des connexions électriques au réseau. Les rénovations exposent également les travailleurs aux poussières et à des produits chimiques dangereux. Un manque de ventilation appropriée peut être un problème, en particulier parce que ce type de travail peut attirer des travailleurs peu qualifiés, dont des «bricoleurs», inconscients des risques.

### Bioénergie

Il y a eu de grands changements dans la manière d'extraire l'énergie et de gérer les déchets. Le contenu énergétique de tous les déchets locaux qui ne sont pas recyclés est récupéré.

L'approvisionnement au niveau local est important, comme pour les biogaz locaux provenant de décharges. L'utilisation des biocarburants et du biodiesel local s'accroît. Les graisses animales et les déchets alimentaires sont utilisés comme fioul lourd.

La production de biomasse et l'occupation connexe des sols se sont accrues au cours de la dernière décennie. Les hautes biotechnologies ont eu peu de retombées, mais le recours à la biotechnologie verte a permis de réduire les coûts et d'augmenter la densité énergétique des cultures. Certaines anciennes centrales à charbon ont été converties en installations permettant de brûler la biomasse.

Les risques d'incendie et d'explosion ainsi que l'exposition aux produits chimiques et aux dangers biologiques sont similaires à ceux des autres scénarios, mais l'accent mis sur la production et l'utilisation locales crée des risques qui sont plus difficiles à réguler, compte tenu du nombre élevé de producteurs à petite échelle. De nouveaux acteurs, qui connaissent moins les risques liés au traitement des combustibles, tels que des agriculteurs produisant de petites quantités, ou des entreprises commençant à utiliser leurs propres déchets comme source d'énergie (par exemple dans l'industrie textile ou alimentaire), peuvent être plus particulière-

ment exposés aux risques. Des problèmes concernant la qualité de leurs produits, et donc des problèmes de sécurité, peuvent également apparaître, de même que des problèmes concernant l'impact sur le réseau de gaz du biogaz ou du gaz de synthèse ne respectant pas les conditions requises.

### Gestion des déchets et recyclage

Les volumes de déchets ont diminué de manière significative et sont moins dangereux car les produits ont des cycles de vie plus longs et sont conçus pour être durables et recyclables. Les déchets sont également perçus comme ayant de la valeur: «vos déchets sont mes ressources».

Les flux de déchets sont traités localement, avec une utilisation très limitée des décharges. Les plastiques, métaux et textiles sont recyclés, générant des emplois dans la collecte, le tri et le recyclage des déchets. La réglementation impose désormais la recirculation complète des nutriments et la récupération de l'énergie, et les sites des décharges sont exploités pour leurs ressources. Les déchets dangereux continuent d'être incinérés.

Globalement, les volumes de déchets ont diminué en raison de la forte adhésion aux valeurs vertes et du fait de la situation économique, mais il faut toujours traiter les anciens déchets, et les volumes des déchets issus des travaux de rénovation sont importants.

L'accent est mis sur le traitement local des déchets à petite échelle, avec le risque d'une moindre connaissance de la SST et plus de difficultés à contrôler les risques en matière de SST dans un système décentralisé. En outre, il y a une forte composante de travail manuel, avec un niveau d'automatisation relativement bas.

La qualité du flux de déchets s'est améliorée, mais l'exploitation des décharges augmente en raison de l'augmentation du coût des matières premières. Les travailleurs risquent donc d'être exposés à des risques pour la sécurité ainsi qu'à des risques sanitaires inconnus.

La plus grande utilisation de la biomasse dans ce scénario s'accompagne d'une exposition à la poussière, aux allergènes et à d'autres toxines.

Les objets réutilisés peuvent compromettre la sécurité et la santé (par exemple, l'acier fait avec des métaux recyclés contenant du plomb).



Dessin 25 — Scénario «vert intense» — Transport

«Il n'y a pas de véhicule qui ne puisse être réparé... Je veux dire, si vous lui donnez assez d'amour...»



«Si vous ne trouvez pas de pièces de rechange, vous pouvez toujours en fabriquer vous-même avec des bouts de métal...»

### Transport écologique

Au cours de la dernière décennie, la croissance des transports s'est ralentie et a parfois diminué. Les personnes ne se déplacent qu'en cas de nécessité et utilisent des moyens de rencontre virtuels lorsqu'elles le peuvent. L'utilisation du transport public subventionné a augmenté.

Il y a quelques voitures électriques, mais la majorité des véhicules utilisent toujours des moteurs à combustion interne. L'approche verte consiste à mieux utiliser les véhicules existants et à prolonger leur durée de vie. Le recours à des mesures d'efficacité énergétique, telles que l'allumage «stop/start» et l'utilisation de pneus à faible résistance, s'est généralisé.

Le transport intermodal rail-route est devenu la norme pour le fret longue distance, qui connaît des niveaux réduits.

Pour les déplacements urbains et les livraisons, on utilise de plus en plus de vélos et de véhicules électriques, rechargés à partir de sources locales d'énergie renouvelable.

Comme dans les scénarios «gagnant-gagnant» et «le profit d'abord», l'entretien et le rechargement des véhicules électriques constituent des préoccupations majeures en matière de SST.

Toutefois, conséquence de la nécessité de faire des économies et de la forte adhésion aux valeurs vertes, on utilise de plus en plus de véhicules à deux roues pour le transport de personnes et de biens ainsi que pour la prestation de services, ce qui expose les personnes se déplaçant pour leur travail à des risques de blessures et d'accidents. De nombreux «travailleurs indépendants de la mobilité» ont vu une opportunité d'emploi dans le développement de ce secteur du transport.

Point négatif, les travailleurs indépendants disposent généralement de connaissances limitées en matière de SST et d'un accès plus limité aux services de SST (tels que la surveillance médicale en matière de SST et les services d'inspection du travail). En outre, ils ne sont généralement pas couverts par la législation sur la protection des travailleurs.

### Industrie manufacturière écologique

Durant la dernière décennie, le nombre d'usines et d'infrastructures industrielles vieillissantes a augmenté, tandis que l'investissement en matière d'automatisation est resté limité.

La demande de biens en provenance de l'industrie manufacturière a diminué compte tenu de la plus grande durée de vie des produits et d'une moindre consommation des biens produits en série. Certaines productions délocalisées sont revenues dans l'UE.

Dessin 26 — Scénario «vert intense» — Industrie manufacturière

«Aujourd'hui, ce sont les TV plasma — très haute technologie... Demain, ce seront les machines à laver et les aspirateurs. Et ensuite... les radios et les réveils!»



«Oui, bien sûr! Qui a besoin du modèle le plus récent lorsqu'on peut tout réparer??»

On observe plus de production décentralisée sur le lieu de consommation, avec souvent de faibles marges financières. Des innovations voient le jour pour réduire l'utilisation de l'énergie et des matériaux, et le niveau d'investissement des capitaux nécessaires à cet effet est faible.

L'accent est fortement mis sur la décentralisation des travaux de maintenance, de réparation et la réutilisation, selon l'approche «réparer au lieu d'acheter».

L'automatisation est moins répandue dans ce scénario que dans les précédents, de sorte que les vieilles questions de SST risquent de rester sans réponse étant donné que les fabricants utilisent des infrastructures et des machines vieillissantes.

La tendance croissante à l'externalisation des services de maintenance confiés à des petites entreprises a accru les risques pour les travailleurs de maintenance chargés de prolonger la durée de vie d'une vaste gamme d'équipements. Du fait du caractère intermittent de l'énergie renouvelable, il y a davantage de travail posté, donc de problèmes sanitaires, de problèmes psychosociaux et d'autres risques, tels que les accidents.

L'exposition à de nouveaux matériaux dans les PME et les micro-entreprises intervenant dans la fabrication décentralisée sur les lieux de consommation peut générer des risques pour davantage de travailleurs dans des conditions de SST moins contrôlées.

Du fait de leur intégration, les processus industriels exécutés auparavant dans différents endroits, par exemple la fabrication et le recyclage, se déroulent en un même lieu, augmentant l'éventail des risques sur ce site unique. Cette évolution exige de nouvelles compétences et de nouvelles connaissances techniques.

On note toutefois une pénurie de compétences du fait de la relocalisation dans l'UE de processus de fabrication consécutive à des changements mondiaux. En raison de la perte de la mémoire et de l'expérience des entreprises du secteur, les nouveaux travailleurs sont exposés à des risques.

### Énergie renouvelable domestique et à petite échelle

Durant la dernière décennie, on a assisté à une augmentation significative de la production d'énergie locale à petite échelle. Cette production est devenue plus concurrentielle en raison de l'augmentation des taxes visant les centrales nucléaires et les grands générateurs de combustibles fossiles.

On a également observé un recours croissant aux ressources d'énergie «bioproduites». Les technologies utilisées sont plus diverses: digesteurs de biogaz, hydro-électricité locale, incinération des déchets, et production domestique combinée de chaleur et d'électricité.

Tant les entreprises que les communautés locales ont eu tendance à produire de l'énergie, en utilisant souvent des systèmes non standards, «bricolés» à partir d'éléments provenant de diverses sources.

Du fait de l'apparition de systèmes distribués et d'installations non normalisées très diverses, les travailleurs des services de maintenance doivent faire face à des risques électriques. En associant des technologies, par exemple la production combinée de chaleur et d'électricité et la production solaire thermique, on accroît la complexité et donc les risques. De même, des installations moins sophistiquées, par exemple des installations domestiques réalisées par des particuliers, sont potentiellement dangereuses.

La production de bioénergie à petite échelle génère des risques d'incendie, d'explosion et d'exposition à des substances toxiques.

L'approvisionnement distribué, provenant notamment de petits groupes de maisons ou de petites entreprises, est difficile à réguler.

Les services d'urgence sont en danger lorsqu'ils se rendent dans des installations non normalisées.

En règle générale, les technologies émergentes peuvent avoir des effets qui ne s'observent qu'après un long temps de latence.

Dessin 27 — Scénario «vert intense» — Systèmes énergétiques



### Batteries et stockage de l'énergie

L'intensification de la production de biogaz et de la bioénergie a conduit à la nécessité de stocker une grande partie de la biomasse récoltée à des fins de réserve d'énergie.

Les innovations en matière de batteries ont été entravées par l'émergence de préoccupations liées à l'utilisation de matériaux toxiques et à la nécessité de les recycler. L'augmentation du nombre de véhicules électriques a également été moins élevée que dans les estimations faites en 2012. Les batteries des véhicules sont utilisées à des fins de stockage statique lorsqu'elles n'atteignent plus leur pic de performance.

En période de surplus d'énergie, l'électricité est utilisée pour générer du gaz (méthane et hydrogène), ce qui permet de stocker de l'énergie et de la transporter à travers le réseau de gaz existant.

Il existe un «stockage virtuel» par le biais des mesures prises pour faire correspondre l'offre et la demande d'énergie. Cet objectif est toutefois difficile à réaliser compte tenu des divers fournisseurs d'énergie localisés et du déploiement relativement lent de compteurs intelligents.

Les batteries engendrent des risques électriques et des risques liés aux produits chimiques toxiques et aux incendies. Les batteries plus écologiques peuvent être plus dangereuses car les réglementations environnementales limitent l'éventail de matériaux utilisables.

L'interconnexion de dispositifs de stockage d'énergie, notamment avec des dispositifs réalisés par des particuliers bricoleurs, entraîne des risques imprévus pour ces derniers, pour les travailleurs des services de maintenance et pour les services d'urgence.

L'hydrogène est utilisé pour le stockage de l'énergie, avec des risques d'incendie, des risques d'explosion et des risques liés à sa forme liquide cryogénique.

### Transmission et distribution de l'énergie

En raison d'investissements insuffisants liés au manque de ressources, le réseau de transmission de l'électricité est devenu moins fiable.

L'accent a davantage été mis sur les systèmes de distribution. La complexité du réseau de production d'énergie localisée a engendré un accroissement des flux bidirectionnels. La diversité des fournisseurs d'énergie présents à différents niveaux a rendu le contrôle du réseau de plus en plus difficile.

Conséquence du faible niveau des investissements et du recours croissant à la production d'énergie localisée, la fiabilité de l'approvisionnement en électricité a diminué.

Les questions relatives à la SST portent notamment sur la difficulté d'avoir un contrôle du réseau de son sommet à sa base, étant donné que les sources de production distribuées se multiplient. Des travaux importants pour moderniser le réseau ont été entrepris, introduisant davantage de travaux sous tension. Les systèmes dont la durée de vie est prolongée engendrent plus de risques que les nouveaux systèmes. La production de biogaz a provoqué des risques d'intoxication, de suffocation, d'explosion et des problèmes de qualité.



## 6. Conclusions

### 6.1. Défis nouveaux et émergents pour la SST dans les emplois verts

Les «emplois verts» constituent une expression générique comprenant un large éventail d'emplois dans divers secteurs, impliquant des conditions et des processus de travail différents ainsi que le recours à une main-d'œuvre diversifiée. Les scénarios élaborés dans le cadre du présent projet ont montré que ces aspects varient également en fonction du contexte socio-économique et des stratégies et politiques adoptées, et suscitent des questions relatives à la SST, décrites en détail dans le rapport complet de ce projet (EU-OSHA, 2013). Ainsi, lors de la conception d'une stratégie de prévention pour les emplois verts, les spécificités des différents types d'emplois verts doivent être prises en considération. Une approche sectorielle peut être appropriée, bien que, même au sein d'un seul secteur, on trouvera différents types d'emplois verts avec des conditions spécifiques à considérer. Toutefois, aussi diversifiés que soient les emplois verts, le présent projet a révélé qu'ils se caractérisent par un certain nombre de défis communs.

Le premier de ces défis est lié à une tendance croissante à une décentralisation des processus de travail et à la distribution du travail. Les lieux de travail étant ainsi de plus en plus dispersés et plus difficiles à atteindre, assurer le contrôle et le respect des bonnes conditions de SST et des pratiques de travail sûres pourrait devenir de plus en plus difficile. On trouve ainsi une grande diversité d'installations distribuées à petite échelle du fait de la décentralisation de la production d'énergie renouvelable. De tels systèmes énergétiques, plus particulièrement lorsqu'ils sont installés par des nouveaux venus peu qualifiés dans le secteur (ou par des particuliers bricoleurs), risquent de ne pas satisfaire aux normes d'installation, ce qui peut être dangereux, notamment pour les travailleurs des services de maintenance. Compte tenu de la diversité et du grand nombre de fournisseurs d'énergie connectés au réseau, il peut également être difficile de contrôler un réseau complexe à transmission bidirectionnelle.

Le secteur manufacturier, par exemple, pourrait également subir des changements importants, étant donné que des techniques avancées, telles que l'impression 3D, offrent une plus grande flexibilité, permettant que la personnalisation de produits fabriqués en série devienne viable d'un point de vue économique, ce qui pourrait se traduire par des processus de fabrication locaux décentralisés. Du fait de l'augmentation du nombre d'usines locales, les dangers pourraient être répartis entre de petites unités, et de nouveaux groupes de travailleurs pourraient être exposés aux risques de fabrication. La personnalisation de produits fabriqués pour des lots à une seule pièce pourrait engendrer des problèmes liés à la sécurité des produits et à la SST, lorsque la pièce à fabriquer est unique et que les normes en matière de SST sont difficiles à définir ou à appliquer.

Conséquence notamment de la décentralisation, on pourrait observer un recours accru à la sous-traitance, aux travailleurs indépendants ainsi qu'aux micro- et petites entreprises, et cela pas seulement dans les secteurs manufacturier et énergétique. Ainsi, le secteur du transport écologique, dont l'importance s'accroît, pourrait offrir des opportunités d'emploi aux «travailleurs indépendants de la mobilité», utilisant de nouveaux types de véhicules verts tels que les «vélos-cargos» pour le transport de personnes et la livraison de biens et de

services. Point négatif, ces structures économiques risquent d'être moins sensibilisées aux questions de SST, d'avoir moins de connaissances sur ce sujet, d'avoir moins de ressources à y consacrer et de disposer d'un accès plus limité aux services de SST.

La prise en compte des questions environnementales dans l'économie («l'écologisation de l'économie») nécessite des changements radicaux en termes de processus commerciaux et de compétences. Il existe en effet de nombreuses nouvelles technologies et processus de travail pour lesquels les «anciennes» connaissances en SST ne sont pas toujours directement transférables et pour lesquels des connaissances spécifiques sont nécessaires mais n'ont pas été encore entièrement développées. Il existe également un certain nombre d'«anciens» risques, apparaissant dans différentes situations et selon diverses combinaisons, qui réclament également de nouvelles compétences spécifiques. L'installation d'éléments photovoltaïques sur les toits, par exemple, combine les risques de construction traditionnels avec des risques électriques: les travailleurs doivent donc avoir une formation spécifique pour exécuter ces travaux. Toutefois, les opportunités d'emploi associées à l'écologisation rapide de l'économie peuvent attirer des nouveaux venus qui ne disposent peut-être pas des compétences nécessaires et qui ne sont pas conscients de ces nouveaux défis et risques.

Une autre difficulté relative aux compétences concerne la pénurie de travailleurs qualifiés, due au rythme élevé du changement et à la concurrence entre les nouvelles technologies pour attirer du personnel hautement qualifié. Il pourrait en résulter une plus grande polarisation de la main-d'œuvre, avec des travailleurs moins qualifiés contraints d'accepter de moins bonnes conditions de travail dans des emplois manuels plus difficiles, par exemple dans le ramassage et le tri des déchets, la maintenance ou la réparation, travaux qui vont probablement se multiplier en raison de l'adoption du comportement écologique «réparer au lieu d'acheter», qui vise à prolonger la durée de vie des produits, en particulier dans le contexte d'une croissance économique faible.

Un autre défi est lié aux conflits potentiels entre la poursuite des objectifs verts et la SST, la priorité étant de parvenir à des résultats en matière d'écologie. Par exemple, les travaux de finitions intérieures dans des bâtiments économes en énergie, bien isolés, peuvent exposer les travailleurs à de plus grandes concentrations de substances dangereuses. Les contraintes de temps pour mettre en place des actions vertes générées par des facteurs économiques et politiques, tels que les subventions et leur retrait, peuvent également contribuer à négliger la SST. En plus du transfert du risque de l'environnement vers les travailleurs, il peut également y avoir un niveau croissant de transfert des risques en matière de SST entre les emplois. Par exemple, les taxes élevées d'enlèvement des ordures peuvent conduire à davantage d'efforts internes fournis par le producteur de déchets pour traiter ses déchets, transférant ainsi les risques liés à la gestion des déchets des professionnels aux producteurs de déchets. La pression politique en faveur du recyclage signifie également que les types de matériaux, et donc les risques, auxquels les travailleurs sont éventuellement exposés, augmenteront.

En général, il pourrait y avoir un risque croissant de rejet de matériaux nouveaux, difficiles à identifier et potentiellement dangereux tout au long du cycle de vie des technologies et produits verts, et notamment lors du processus de fin de vie. L'évolution rapide des technologies du photovoltaïque, des batteries, des nouveaux matériaux de construction et des nouveaux matériaux tels que les biomatériaux et

les nanomatériaux devra être étroitement suivie sur la durée entière du cycle de vie pour des risques potentiels (inconnus) relatifs à la santé et à la sécurité, notamment les dangers sanitaires de longue latence. Cela sera de plus en plus difficile étant donné que personne ne garde plus un même emploi toute sa vie, d'où la difficulté de lier les effets sur la santé aux emplois occupés.

La SST pourrait être renforcée du fait du niveau élevé d'innovation et de l'automatisation accrue, les travailleurs n'effectuant plus certaines tâches dangereuses: par exemple, la construction hors site et automatisée de bâtiments modulaires est susceptible d'améliorer la sécurité sur le site étant donné que cette construction se passe désormais dans des usines, où il est plus facile de garantir de bonnes conditions de SST. Toutefois, cela peut également soulever des questions relatives à l'interface homme-machine ainsi que des questions de dépendance trop importante vis-à-vis de la technologie, comme dans le cas des véhicules sans conducteurs, de la «circulation en peloton» dans le transport ou des robots collaboratifs dans l'industrie manufacturière.

S'il est juste d'affirmer que la plupart des risques mis en évidence dans les scénarios ne sont pas nouveaux, dans de nombreux cas, ce sont les nouveaux paramètres et les conditions dans lesquelles les risques sont trouvés, ainsi que les nouvelles combinaisons de risques «anciens», et les différents groupes de travailleurs (peut-être dépourvus de la formation adéquate en matière de SST) qui génèrent de nouveaux défis en matière de SST. Des mesures sont donc nécessaires pour sensibiliser et former les employeurs et les travailleurs dans les emplois verts à ces nouveaux défis émergents. En tout état de cause, qu'il s'agisse des risques nouveaux ou anciens, l'évaluation des risques sur le lieu de travail reste déterminante pour fournir la prévention adéquate, avec des mesures prenant en considération la spécificité de l'emploi vert en question et des travailleurs impliqués.

Enfin, les trois scénarios soulignent la nécessité d'une évaluation systématique préalable de la SST pour toute nouvelle technologie, tout nouveau produit et tout nouveau processus à l'étape du développement, et de la prise en compte de l'intégralité du cycle de vie, «du berceau au berceau» (c'est-à-dire de la conception — y compris la fabrication, le transport, l'installation, l'exploitation et l'entretien — au déclassement, au traitement des déchets et à une réutilisation ultérieure). L'intégration de la prévention dans la conception est plus efficace et moins coûteuse que la modernisation de la SST et doit débiter dès maintenant pour garantir de futurs emplois verts sûrs.

Mais la réalisation de cet objectif exige la collaboration complète de divers acteurs et disciplines au niveau de l'élaboration des politiques, de la recherche et du développement et du lieu de travail, y compris les partenaires sociaux (sectoriels). Outre la communauté SST, cela devrait comprendre les acteurs clés de la protection de l'environnement ainsi que les développeurs de technologies, les concepteurs, les architectes, etc. À travers ce projet, les scénarios se sont avérés être un outil puissant pour soutenir une telle coopération, en encourageant les personnes à penser différemment dans un contexte neutre (l'avenir, dépourvu des contraintes du présent), ce qui facilite la discussion. Cela a également pour résultat de généraliser de manière efficace la SST dans les divers secteurs et disciplines représentés dans le projet (protection de l'environnement, santé publique, transport, énergie, manutention et construction), ce qui, avec les nouveaux aperçus des risques nouveaux et émergents en matière de SST générés dans ce processus, est crucial pour la création d'emplois verts offrant des conditions de travail décentes, sûres et saines et, par conséquent,

qui contribuent à la croissance intelligente, durable et inclusive de l'économie verte, conformément à la stratégie Europe 2020 (Commission européenne, 2010).

## 6.2. Le processus d'anticipation et d'élaboration des scénarios

Ce projet d'anticipation a été conçu pour développer des scénarios susceptibles d'être utilisés afin d'étudier l'impact futur éventuel qu'un certain nombre de nouvelles technologies clés pourraient avoir sur la sécurité et la santé des travailleurs dans les emplois verts. Il est important de noter que les trois scénarios développés pour ce projet ne sont pas des projections ou des prévisions, mais décrivent des «mondes» futurs possibles en matière d'emplois verts. Ces scénarios constituent un outil visant à explorer l'avenir et les incertitudes critiques, permettant ainsi l'anticipation de défis futurs potentiels et appuyant le développement de stratégies plus solides visant à les relever.

Le champ d'application du projet était difficile, compte tenu du large éventail que couvrent les emplois verts. Il s'agit également d'un secteur où les niveaux d'interdépendance entre les domaines de technologie sont élevés, l'énergie étant présente dans presque tous les autres domaines. Il existe également une série de questions technologiques «horizontales», telles que l'application des nanomatériaux. Par conséquent, le projet a représenté un test particulièrement robuste du processus d'anticipation et des scénarios.

Les scénarios élaborés pourraient également s'appliquer à un large éventail de technologies associées aux emplois verts autres que celles sélectionnées dans la phase 2. Il peut également être possible d'élargir leur application à d'autres aspects des emplois verts, tant que les hypothèses restent valides. Toutefois, ces scénarios ne doivent pas être utilisés en tant que tels pour analyser la SST dans des emplois ne relevant pas des emplois verts. Pour un tel objectif, le domaine qui nécessiterait la plus grande adaptation serait les moteurs de changement spécifiques aux questions écologiques. Toutefois, un nombre significatif de données sur les éléments moteurs du changement et les technologies pourraient s'appliquer à un éventail d'emploi plus large.

Le quatrième scénario (correspondant à une faible croissance, à des valeurs écologiques faibles et à de bas niveaux d'innovation dans les technologies vertes) n'a pas été développé dans ce projet, car il n'était pas pertinent d'explorer les risques en matière de SST provenant des nouvelles technologies (en raison du faible niveau d'innovation) dans les emplois verts (en raison de la faible adhésion aux valeurs vertes). Toutefois, ce scénario pourrait être utilisé pour explorer les risques existants ou émergents en matière de SST dans un contexte de faible croissance, et des aspects du quatrième scénario sont présents à des divers degrés dans certaines parties de l'Europe.

Les ateliers de la phase 3 du projet ont joué un rôle déterminant pour atteindre l'objectif du projet. Ils ont permis aux experts de la SST et des technologies d'engager un dialogue utile et de mieux connaître les disciplines de leurs pairs, en vue de prendre en compte la SST dans l'innovation et le développement technologique et de mieux identifier les défis et besoins futurs en matière de SST, et ce afin de mieux cibler les actions et l'allocation des ressources disponibles pour la SST.

De plus, ces ateliers ont démontré la valeur des scénarios car ils ont permis à différents groupes de parties prenantes de dialoguer et

d'engager des discussions stratégiques. À mesure que les participants échangeaient leurs visions, nombre des hypothèses actuelles ont été testées. Par exemple, il est clairement apparu que nombre des hypothèses actuellement formulées par les gouvernements au sujet des futurs emplois verts (à en juger par exemple au vu des objectifs visés en matière d'énergie renouvelable) sont actuellement fondées sur une vision optimiste — à savoir celle d'un scénario «gagnant-gagnant». Il faut envisager le cas où ces objectifs ne seraient pas atteints, par exemple en étudiant (entre autres) les scénarios alternatifs élaborés.

L'élaboration et l'analyse des politiques représentent un processus difficile qui exige des éléments factuels significatifs et une évaluation détaillée. L'objectif du présent projet n'était pas de formuler et d'évaluer rigoureusement des politiques lors de l'atelier de test

final. Néanmoins, il a été possible, à cette occasion, de démontrer le potentiel et la valeur de l'utilisation des scénarios pour appuyer le processus d'élaboration et d'évaluation des politiques nécessaires en vue d'obtenir les meilleurs résultats futurs en matière de SST, et donner aux participants l'expérience de ces scénarios.

En conclusion, le projet a démontré la valeur des trois scénarios produits pour générer une discussion stratégique et de nouvelles perspectives. Ces scénarios se sont avérés être un outil robuste d'anticipation et d'analyse des défis et opportunités futurs en matière de SST dans les emplois verts, ainsi qu'un outil de développement de stratégies et de politiques pérennes plus solides au regard des différentes hypothèses envisageables. Nous espérons que ces scénarios seront utilisés par les organisations pour soutenir les travaux en cours dans ce domaine.

## 7. Références

Commission européenne, «S'adapter aux changements du travail et de la société: une nouvelle stratégie communautaire de santé et de sécurité 2002-2006», COM(2002) 118 final, Bruxelles, 2002 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0118:FIN:FR:PDF>).

Commission européenne, «Améliorer la qualité et la productivité au travail: stratégie communautaire 2007-2012 pour la santé et la sécurité au travail», COM(2007) 62 final, Bruxelles, 2007 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0062:FIN:fr:PDF>).

Commission européenne, «Europe 2020: une stratégie pour une croissance intelligente, durable et inclusive», COM(2010) 2020 final, Bruxelles, 2010 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:FR:PDF>).

Commission européenne, document de travail du personnel de la Commission, «Exploiting the employment potential of green growth», accompagnant la communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions intitulée «Vers une reprise génératrice d'emplois», SWD (2012) 92 final, Strasbourg, 2012 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0092:FIN:EN:PDF>).

EU-OSHA (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail), *Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging risks associated with new technologies by 2020 [Emplois verts et sécurité et santé au travail: prospective sur les risques nouveaux et émergents liés aux nouvelles technologies d'ici à 2020]*, 2013 (<http://osha.europa.eu/en/publications/reports/green-jobs-foresight-new-emerging-risks-technologies/view>).

EWEA (association européenne d'énergie éolienne), «Cibles des politiques/projets de l'EWEA: Offshore wind» (énergie éolienne en mer), 2012 (<http://www.ewea.org/index.php?id=203>).

Passive House Institute, page internet, 2012 (<http://www.passiv.de/en/index.php>).

Pollin, R., Garrett-Peltier, H., Heintz, J., et Scharber, H., *Green recovery — A program to create good jobs and start building a low-carbon economy*, Institut de recherche en économie politique, 2008 ([http://www.peri.umass.edu/green\\_recovery/](http://www.peri.umass.edu/green_recovery/)).

Porter, M., *Competitive advantage*, Free Press New York, 1958.

PNUE, *Emplois verts: pour un travail décent dans un monde durable, à faibles émissions de carbone*, Programme des Nations unies pour l'environnement, 2008 ([http://www.unep.org/labour\\_environment/PDFs/Greenjobs/UNEP-Green-Jobs-Report.pdf](http://www.unep.org/labour_environment/PDFs/Greenjobs/UNEP-Green-Jobs-Report.pdf)).



Commission européenne

**La sécurité et la santé au travail dans les emplois verts — Prospective sur les risques nouveaux et émergents liés aux nouvelles technologies d'ici à 2020 — Résumé**

Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne

2013 — 38 p. — 21 x 29,7 cm

ISBN 978-92-9191-970-3

doi:10.2802/40540



## COMMENT VOUS PROCURER LES PUBLICATIONS DE L'UNION EUROPÉENNE?

### **Publications gratuites:**

- un seul exemplaire:  
sur le site EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>);
- exemplaires multiples/posters/cartes:  
auprès des représentations de l'Union européenne ([http://ec.europa.eu/represent\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/represent_fr.htm)),  
des délégations dans les pays hors UE ([http://eeas.europa.eu/delegations/index\\_fr.htm](http://eeas.europa.eu/delegations/index_fr.htm)),  
en contactant le réseau Europe Direct ([http://europa.eu/europedirect/index\\_fr.htm](http://europa.eu/europedirect/index_fr.htm))  
ou le numéro 00 800 6 7 8 9 10 11 (gratuit dans toute l'UE) (\*).

(\* Les informations sont fournies à titre gracieux et les appels sont généralement gratuits (sauf certains opérateurs, hôtels ou cabines téléphoniques).

### **Publications payantes:**

- sur le site EU Bookshop (<http://bookshop.europa.eu>).

### **Abonnements:**

- auprès des bureaux de vente de l'Office des publications de l'Union européenne ([http://publications.europa.eu/others/agents/index\\_fr.htm](http://publications.europa.eu/others/agents/index_fr.htm)).

**L'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA)** s'engage à faire de l'Europe un lieu plus sûr, plus sain et plus productif où travailler.

L'Agence recherche, développe et divulgue des informations en matière de sécurité et de santé fiables, équilibrées et impartiales et organise des campagnes paneuropéennes de sensibilisation. Créée par l'Union européenne en 1996 et ayant son siège à Bilbao, en Espagne, l'Agence rassemble des représentants de la Commission européenne, des gouvernements des États membres, des organisations d'employeurs et de travailleurs, ainsi que des experts reconnus dans chacun des 28 États membres de l'UE et au-delà.

**Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail**

Gran Vía, 33, 48009 Bilbao, ESPAGNE

Tél. +34 944794360

Fax +34 944794383

Courriel: [information@osha.europa.eu](mailto:information@osha.europa.eu)

<http://osha.europa.eu>



Office des publications

ISBN 978-92-9191-970-3



9 789291 919703