

PLANIFICATION ÉCOLOGIQUE ET CHANGEMENT STRUCTUREL

PERSPECTIVES POUR LA FRANCE

Etienne Espagne

AFD, CERDI (Centre d'Études et de Recherches en Développement International)

Guilherme Magacho

AFD, Cambridge Centre for Economic and Public Policy

La notion de planification écologique fait aujourd'hui l'objet de débats renouvelés. Nous y contribuons sur le volet strictement industriel à partir du cas français. Nous analysons l'exposition de la France à ses industries carbonées en termes d'emplois, de recettes fiscales et de recettes d'exportation, ainsi que les opportunités technologiques relativement disponibles pour la production de biens « verts » utiles à la transition écologique. La France, moins dépendante que l'Allemagne aux secteurs fossiles, doit pouvoir s'engager activement dans la reconstruction d'un appareil industriel « vert » sans craindre de chocs socio-économiques. Ce basculement nécessite de renforcer la coordination des acteurs, la capacité de financement public et le soutien à des innovations territorialisées comme autant de piliers institutionnels d'une véritable planification écologique du tissu industriel français.

Mots clés : planification écologique, neutralité carbone, transition énergétique, politique industrielle, changement structurel

Une forme de consensus semble aujourd'hui émerger sur la nécessité de dépasser les mécanismes de coordination des marchés (taxe ou marché carbone, mais aussi information carbone sur les produits financiers) pour se donner une chance d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris et plus largement de parvenir à ré-encaster les dynamiques économiques et sociales dans les limites planétaires (Steffen *et al.*, 2015). Six ans après l'Accord de Paris, la faiblesse des

résultats en termes de réduction d'émissions et la difficulté à accroître les ambitions, dévoilée au grand jour lors de la COP26 dans le cadre du Pacte Climat de Glasgow ne fait que renforcer l'argument en faveur d'autres modes de coordination et d'action. La confrontation des politiques climatiques européennes, américaines et chinoises semble pointer jusque dans la presse économique (Krahé, 2021) en faveur de formes de coordination hors marché, qui permettent de cibler des soutiens à des industries spécifiques.

En effet, il y a dans le nouvel horizon à long terme de la neutralité carbone à 2050 l'exemple paradigmatique de la transformation structurelle qui ne peut être menée que par un processus de planification écologique. Les recompositions sectorielles nationales et internationales induites par une sortie des combustibles fossiles, comme par le déploiement de nouveaux secteurs industriels sont d'ores et déjà perceptibles. Quelle que soit l'hypothèse faite sur la croissance de la demande au XXI^e siècle, la transition bas carbone représente un redéploiement majeur des activités économiques, et une redistribution des pouvoirs par la redéfinition des ressources essentielles (IEA, 2021). L'idée de planification écologique provient ainsi avant tout du besoin stratégique d'évaluer les conséquences de ces bouleversements pour son propre territoire, qu'il s'agisse de celui d'une région, d'un État, ou d'un groupe d'États tel que l'Union européenne par exemple.

Mais il ne s'agit pas seulement d'effectuer un exercice de prospective indicative, fut-elle concertée entre toutes les parties prenantes (Combet, 2021). La situation de crise énergétique globale actuelle (et notamment des prix du gaz en Europe et de l'approvisionnement en charbon en Asie) dans le contexte de la crise de la Covid-19 fournit à certains (Durand, 2021) une illustration de l'urgence de formes de coordinations beaucoup plus pro-actives des politiques de décarbonation. Viser une décarbonation des économies à l'instar de l'Europe ou de la Chine peut se heurter rapidement, dans un contexte où les prix de marché dominant, à de rapides goulets d'étranglement et des formes de pénuries qui *in fine* agiront politiquement en défaveur de toute réelle transition. La planification écologique se présente donc bien aussi comme un ensemble de leviers économiques à réorienter pour s'engager sur le sentier de crête entre la sortie d'industries déclinantes et l'émergence de nouveaux secteurs.

À cet égard, le pacte vert pour l'Europe (Green Deal), incluant un engagement vers la neutralité carbone du continent à l'horizon 2050, avec une réduction de 55 % des émissions par rapport à leur niveau des années 1990 d'ici à 2030 (*Fit for 55*), représente une indéniable ambition. La stratégie pêche néanmoins dans sa composante industrielle dès lors qu'il s'agirait de faire émerger un tissu productif européen permettant de se positionner dans les chaînes de valeur des technologies vertes. L'approche du marché perdue jusque dans le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières proposé en juillet 2021, aux contours encore flous, mais dont l'objectif est bien de rétablir des conditions optimales de marché par la réduction des risques perçus ou réels de fuite carbone (Magacho *et al.*, 2022). Or les nouveaux secteurs de la neutralité carbone ne peuvent émerger naturellement par le simple fait d'une politique de définition de critères d'investissement et de développement durable, d'une taxonomie verte censée orienter préférentiellement les investissements bancaires et financiers sur ces mêmes secteurs, ou d'un simple signal prix carbone, fût-il récemment rehaussé sur le marché EU-ETS.

Au niveau français, la maîtrise industrielle des secteurs de la transition ne fait pas encore l'objet de réflexions spécifiques. La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), actualisée en 2021, donne à voir une feuille de route générale vers la neutralité carbone en 2050 avec un objectif intermédiaire en 2030 et des budgets carbone à respecter par cycles de quatre ans. Les plans de relance consécutifs à la crise de la Covid-19, tels que France Relance (sur 2020-2022) ou France 2030 (30 milliards d'euros déployés sur 5 ans), comprennent d'importants volets d'investissements qui peuvent être considérés comme climatiques, mais sans aucun lien explicite avec des résultats à atteindre en termes de réductions d'émissions ni de lien clair avec les objectifs européens.

La France dispose certes d'une forte capacité d'analyse prospective. Elle peut être publique avec l'ADEME et ses scénarios vers une neutralité carbone (ADEME, 2021), France Stratégie et ses réflexions sur la construction des politiques publiques d'un monde soutenable¹, le récent Haut-Commissariat au Plan qui s'inquiète de la situation du commerce extérieur français en général² ou la Commission de

1. Voir le site du séminaire « soutenabilité(s) » : <https://www.strategie.gouv.fr/projets/seminaire-soutenabilites>.

2. Voir sa note sur « Reconquête de l'appareil productif : la bataille du commerce extérieur » : https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2021/12/reconquete_de_lappareil_productif_la_bataille_du_commerce_exterieur_.pdf.

Régulation de l'Énergie (CRE) et ses scénarios de *mix* énergétique permettant la neutralité carbone à l'horizon 2050³. Elle est également scientifique avec des laboratoires de modélisation intégrée comme le CIREN (et le modèle IMACLIM France) ou l'OFCE (avec le modèle Three-ME), ou encore privée ou parapublique avec de nombreux laboratoires d'idées tels que le Shift Project, NegaWatt, I4CE, Terra Nova, l'Institut Veblen ou l'Institut Rousseau. En émane une vision sectorielle forte de la transition au sein d'une relative intégration des contraintes macroéconomiques d'ensemble, notamment européennes.

Néanmoins, la réflexion sur la dimension temporelle et stratégique de la transition dans une perspective de transformation industrielle reste encore limitée. Une transition écologique ne peut se penser comme un changement incrémental des prix relatifs. Il s'agit plutôt d'un changement structurel des modes de consommation comme de production, qui tend dans un second temps seulement à affecter les prix relatifs. Mais comment coordonner les acteurs économiques de manière efficace autour d'une stratégie de transition ? De quelle manière la France est-elle positionnée vis-à-vis d'un risque de transition trop rapide, ou vis-à-vis des nouveaux secteurs de la neutralité carbone ? Quels devraient être ses axes prioritaires d'investissement dans une dynamique de construction d'une politique industrielle verte ? Quels outils de planification permettent-ils de soutenir un tel déploiement industriel ?

Cet article se propose de contribuer au débat naissant (Aglietta et Espagne, 2018 ; Plihon, 2020 ; Durand et Espagne, 2022 ; Pisani-Ferry, 2022) sur les formes de la planification écologique à mener en se concentrant sur le volet de l'offre industrielle. D'un point de vue industriel, la transition écologique peut être vue comme un processus de changement structurel rapide dans lequel les industries polluantes (ou fortement émettrices en gaz à effet de serre) déclinent tandis que des industries permettant de réduire les émissions liées à la production et à la consommation émergent à la suite de politiques environnementales délibérées ou de changements technologiques éventuellement subis (PRA, 2015 ; Semieniuk *et al.*, 2021). L'exposition d'une économie à ce double processus dans toutes ses dimensions sociales, économiques et territoriales est un axe essentiel de réflexion pour construire une planification écologique. Cet article exclut ce faisant des pans importants de

3. <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques>.

ce que pourrait couvrir une planification écologique, et notamment la question de la maîtrise et de l'orientation de la consommation, des politiques sociales pour faire émerger une sécurité sociale écologique (Viennot, 2020) ou encore n'aborde que partiellement la dimension territoriale nécessaire à une planification écologique.

Afin de conduire une analyse de la nécessité d'une planification écologique de type industriel, l'article s'organise en considérant successivement trois sujets liés :

- l'exposition de la France dans l'hypothèse d'une élimination de ses secteurs les plus carbonés, en termes d'emplois, de recettes fiscales et de recettes d'exportation (devises étrangères) ;
- la proximité relative du tissu productif français et en particulier des produits les plus compétitifs (exportables) aux industries/technologies de la transition écologique ;
- les leviers institutionnels à construire ou existants en France pour mettre en œuvre une politique de transition sur le plan industriel.

1. Exposition relative de la France aux industries « déclinantes »

Dans une première étape d'analyse, nous dégagons les ressorts de la dépendance de l'économie française vis-à-vis des industries potentiellement déclinantes dans le contexte d'une transition bas carbone. Le déclin de ces industries pourrait en effet entraver la transition, si leur progressive disparition devait générer des déséquilibres macroéconomiques, socio-économiques, ou politiques, qui viendraient remettre en cause l'opportunité même de la transition. Ce phénomène apparaît déjà clairement ces derniers mois à l'échelle internationale à propos de la question du charbon, notamment dans les pays asiatiques. Qu'en est-il donc des industries « déclinantes » pour la France et de l'exposition du pays à ces industries ?

Encadré 1. Mesure des expositions par les matrices entrée-sortie multi-régionales (MRIO)

Espagne *et al.* (2021) ont développé une méthodologie pour analyser la dépendance des pays vis-à-vis des industries en déclin, en tenant compte non seulement de leur impact direct, mais aussi de leur interrelation productive, sur la base du tableau entrée-sortie multi-régional EORA (Lanzen *et al.*, 2013). Cela nous permet d'identifier les pays les plus exposés à la transition

vers une économie à faible émission de carbone dans différentes dimensions (dimensions externe, fiscale et socio-économique), du fait de l'importance relative de leurs industries « déclinantes ». Il est aussi possible d'analyser quels sont les pays les plus vulnérables en fonction de leur capacité à basculer des industries en déclin vers les industries considérées comme vertes. Nous appliquons cette méthode au cas de la France. Par rapport à l'approche d'Espagne *et al.* (2021) néanmoins, plutôt que d'utiliser EORA, nous utilisons la base MRIO EXIObase-EORA, qui combine la base de données EORA et la base de données EXIObase (Cabernard et Pfister, 2021), permettant ainsi une meilleure désagrégation sectorielle des 26 secteurs d'EORA en 163 industries.

En suivant Espagne *et al.* (2021), trois dimensions différentes sont considérées dans l'analyse : externe, fiscale et socio-économique.

Dans le but d'évaluer l'exposition externe, nous calculons le revenu net en devises étrangères induit par les industries déclinantes (exportations ajustées des intrants importés, directs et indirects utilisés dans la production), qui est obtenue comme suit :

$$nx_{i,j} = ex_{i,j}(1 - im_{i,j}) \quad (1)$$

où nx_i est le revenu net en devises étrangères de l'industrie i pour le pays j , représente les exportations de l'industrie i pour le pays j , et $im_{i,j}$ l'ensemble (direct et indirect⁴) des intrants importés nécessaires à la production de l'industrie i dans le pays j .

Les exportations sont obtenues directement à partir du tableau des entrées-sorties, tandis que les intrants importés incorporés sont obtenus comme suit :

$$im = i^T [A^M (I - A)^{-1}] \quad (2)$$

avec im le vecteur total des intrants importés, i vecteur colonne de 1 (T indique la transposée), A est la matrice entrée-sortie multi-régionale, et A^M est cette même matrice avec tous les éléments domestiques mis à zéro.

Pour l'estimation des dépendances fiscale et socio-économique, nous devons aussi tenir compte à la fois des impacts directs et indirects. De nouveau, en suivant Espagne *et al.* (2021), nous estimons d'abord la production totale par secteur qui est liée directement et indirectement aux industries en déclin puis, sur la base de la fiscalité, des salaires et de l'emploi par secteur, nous calculons la part de chacune de ces variables qui est liée aux industries en déclin.

Tout d'abord, nous devons calculer la production totale qui n'est pas liée aux industries en déclin, comme suit :

$$x_n = (I - A) y_n \quad (3)$$

avec x_n la production totale des industries non déclinantes, A_n est la matrice entrée-sortie multi-régionale avec toutes les lignes correspondant aux indus-

4. Comprend les intrants directs dans le processus de production et tous les intrants nécessaires pour produire ces intrants (indirects).

tries déclinantes mises à zéro, et y_n est le vecteur de demande finale avec toutes les lignes correspondantes aux industries déclinantes mises à zéro.

Nous calculons ensuite la part de la variable k qui est reliée aux industries déclinantes :

$$s_k = 1 - (x_n^T k) / (x^T k) \quad (4)$$

avec s_k la part directe et indirecte de la production des industries déclinantes dans la production totale (k est un vecteur unitaire), ou la part directe et indirecte des industries déclinantes dans les recettes fiscales, les salaires et l'emploi (k est la fiscalité sectorielle, la masse salariale, et l'emploi par unité de production, respectivement).

1.1. Définition des industries déclinantes

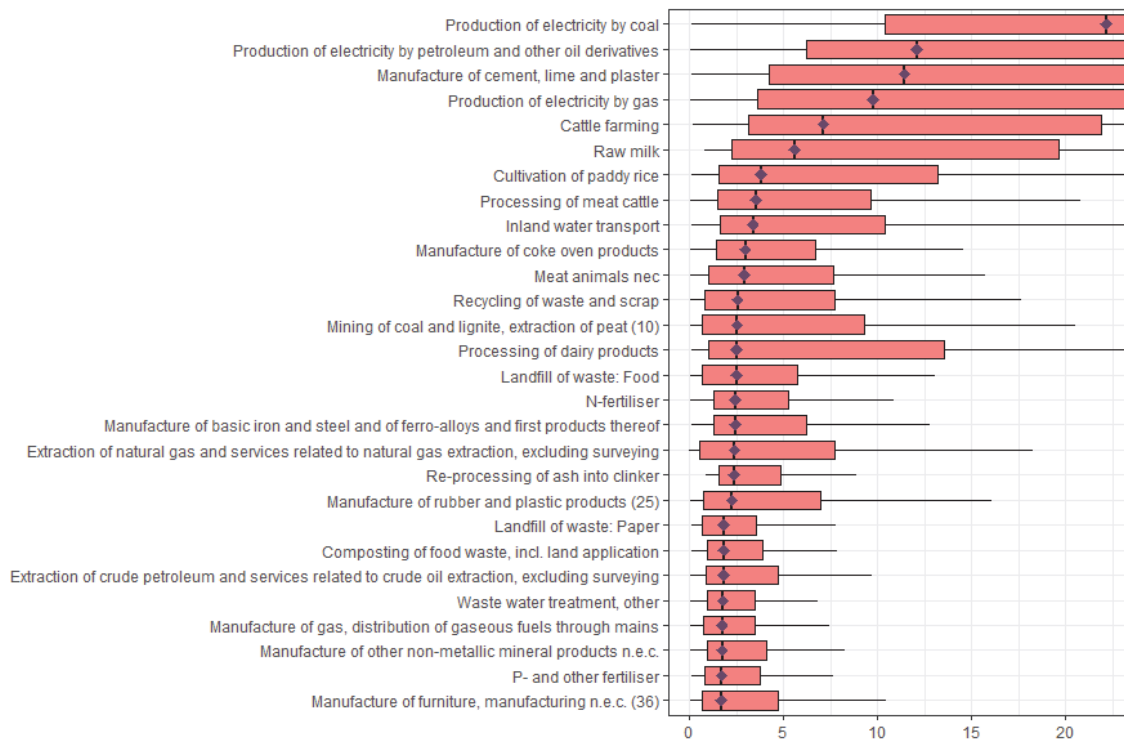
La définition des industries en déclin est fondée sur des critères quantitatifs et qualitatifs. Comme on peut le voir sur le graphique 1, l'énergie provenant des combustibles fossiles, les produits issus des pâturages et quelques matériaux de construction, tels que le ciment et le fer, présentent une forte intensité de carbone en général. Ces secteurs, qui représentent respectivement la source de la dé-carbonisation de l'électricité, la réduction de la production alimentaire d'origine animale et des matériaux de construction à forte intensité de carbone, sont usuellement considérés comme des pivots de la décarbonation des économies (BID et DDPLAC, 2019).

Sur cette base empirique au niveau mondial, nous définissons les secteurs suivants comme des industries déclinantes :

- Production d'électricité par le charbon, par le pétrole et ses dérivés et par le gaz ;
- Ciment, chaux et plâtre et fabrication de fer et d'acier de base ;
- Élevage de bovins, lait cru et transformation de la viande bovine ;
- Extraction de charbon et de lignite et extraction de gaz naturel et de pétrole brut.

À noter que dans cette classification, le gaz est considéré comme un secteur devant décliner tandis que le nucléaire est considéré comme un secteur non déclinant. Cette classification ne reflète donc pas parfaitement la taxonomie verte telle qu'elle est discutée au sein de l'Union européenne actuellement.

Graphique 1. Émissions de GES (kg de CO2e par USD de production) des industries les plus émettrices, répartition mondiale



Lecture : émissions de GES (kg de CO2e par USD de production) des industries les plus émettrices, répartition mondiale (point : valeur médiane ; boîte : 2^e et 3^e quartiles ; lignes : valeurs minimales et maximales)

Note : notre traduction des secteurs d'EXIObase est présentée en Annexe 1.

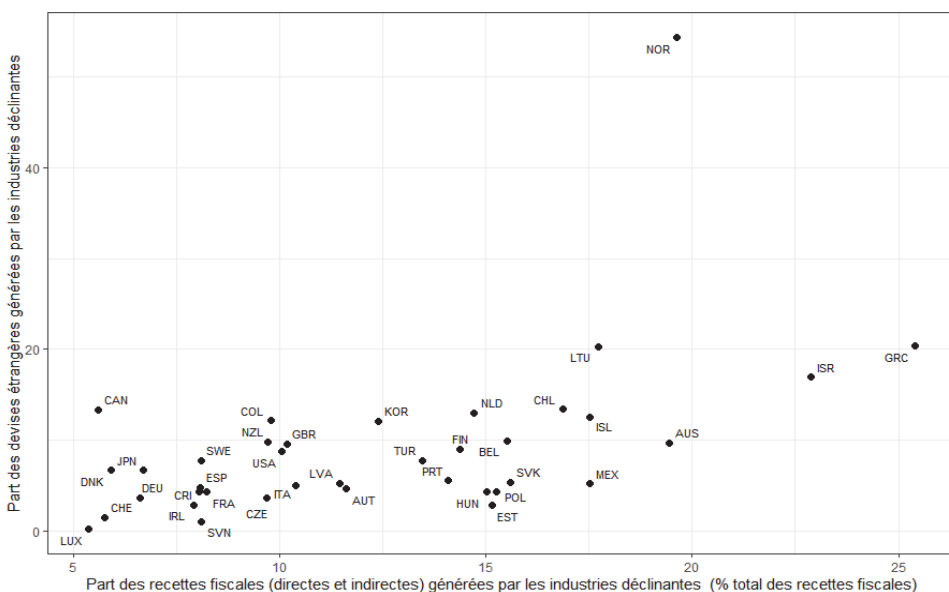
Estimations des auteurs, à partir de la base de données EXIO-EORA construite par Cabernard et Pfister, 2021.

Expositions fiscale, externe, et socio-économique

Nous pouvons maintenant estimer l'exposition de la France à une transition bas carbone dans les trois dimensions mentionnées ci-dessus et la mesurer en comparaison avec les autres pays de l'OCDE.

Le graphique 2 présente l'exposition des pays dans les dimensions externe et fiscale. Sur l'axe vertical, la part des devises étrangères générées par les industries en déclin (voir encadré) est présentée comme la part de ces industries dans les exportations totales, ajustée des intrants importés nécessaires pour produire ces exportations. Sur l'axe horizontal, nous présentons l'importance des industries en déclin dans la collecte des recettes fiscales, qui est calculée comme la part des impôts dans ces industries et les intrants directement ou indirectement incorporés dans les industries en déclin.

Graphique 2. Exposition des pays de l'OCDE vis-à-vis des recettes fiscales (axe des abscisses) et des recettes en devises étrangères (axe des ordonnées) des industries déclinantes



Note : Une liste des codes pays est présentée en Annexe 2.
Estimations des auteurs, à partir de la base de données EORA-26.

Comme on peut le constater, la France ne peut pas être considérée comme un pays fortement exposé à la transition vers une économie à faible émission de carbone, du moins si on la place vis-à-vis des pays de l'OCDE. Moins de 5 % de la collecte nette de devises étrangères provient de ces industries, ce qui place la France parmi les pays les moins dépendants. En termes de recettes fiscales, même si la dépendance est plus élevée (environ 7 % des recettes fiscales proviennent directement ou indirectement des industries en déclin), la France reste un pays à faible dépendance fiscale vis-à-vis de ces industries. La faible exposition des pays à la transition vers une économie à faible émission de carbone a généralement deux explications principales. Certaines économies industrialisées, comme la Suisse ou le Japon, ont déplacé leur base industrielle sans pour autant se désindustrialiser, et dépendent ainsi moins des industries à fortes émissions pour générer des recettes fiscales et extérieures. D'autres pays, en revanche, dépendent peu des industries à fortes émissions parce qu'ils se sont désindustrialisés au cours des dernières décennies, ce qui semble être le cas de la France, comme nous le verrons dans la section suivante.

En termes d'exposition socio-économique, résumée ici par l'importance en emplois et en masse salariale, la France est dans une situation a priori encore meilleure. Le graphique 3 montre ainsi l'importance des industries en déclin en termes de salaires sur l'axe vertical et en termes d'emploi sur l'axe horizontal (en considérant les intrants directs et indirects incorporés dans la production des industries en déclin). La France fait partie des pays qui dépendent le moins des industries en déclin en termes de salaires et d'emploi, ce qui indique que les emplois bien rémunérés ne se trouvent pas dans ces industries ou dans les industries qui fournissent des intrants aux industries en déclin. Néanmoins, le cas extrême d'une perte brutale de ces secteurs conduirait à une hausse du taux de chômage de 5 points, ce qui a un impact non négligeable sur les équilibres sociaux. Penser l'assurance chômage et plus largement la protection sociale pour accompagner spécifiquement les dynamiques de la transition apparaît comme une composante clé d'une planification écologique socialement juste.

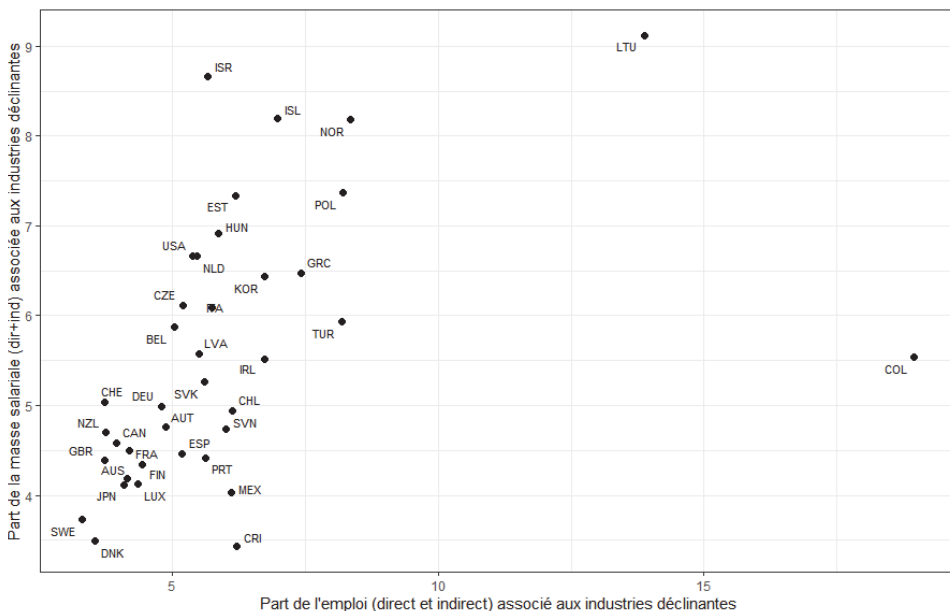
Ces résultats sont importants pour comprendre dans quelle mesure (et à quelle vitesse) la France peut s'engager dans une trajectoire de transition à faible émission de carbone sans faire face à des contraintes externes, fiscales ou socio-économiques. Les résultats montrent que, par rapport aux pays de l'OCDE, le pays est dans une situation plutôt

positive car il ne dépend pas des industries qui seront impactées le plus négativement (directement ou indirectement).

Il ne faut pas en conclure bien sûr que la France n'a rien à craindre à freiner la dynamique de transition. Elle est d'abord très exposée sur le plan des modes de consommation, comme l'a notamment montré la crise des Gilets jaunes. Mais elle a surtout d'autant plus d'intérêt à promouvoir une politique industrielle décarbonée qu'une telle stratégie ne l'éloignera pas trop fortement de sa structure industrielle existante et qu'elle pourra bénéficier d'un certain nombre d'atouts.

Par conséquent, il est nécessaire de concevoir les politiques de transition vers une économie à faible émission de carbone en France de sorte qu'elles stimulent en même temps la production dans ces nouveaux secteurs industriels afin de ne pas favoriser les importations en produits « carbonés » en raison d'une offre nationale insuffisante de produits de substitution « décarbonés ». Il s'agit bien de permettre à une plus grande partie de la demande à venir d'être produite sur le territoire.

Graphique 3. Exposition des pays des industries déclinantes aux emplois (axe des abscisses) et aux salaires directs et indirects (axe des ordonnées). Pays de l'OCDE



Estimations des auteurs, à partir de la base de données EORA-26.

2. Opportunités technologiques « vertes » pour la France

Nous nous tournons maintenant vers les opportunités industrielles d'une transition bas carbone pour la France. La promotion des industries vertes est un outil fondamental pour s'assurer que la demande de produits réduisant les impacts environnementaux sera absorbée en bonne partie au niveau national. Les technologies économes en ressources, les énergies renouvelables, les instruments de gestion de la pollution et de nombreuses autres industries vertes gagneront en importance au cours des années et des décennies à venir du fait de la transition écologique. Les pays capables de produire ces biens seront confrontés à des contraintes économiques moindres pendant la période de transition et seront par ailleurs en mesure de fournir ces biens aux autres économies, garantissant ainsi une insertion dans les marchés des pays émergents comme développés (Voltz *et al.*, 2021).

Or les produits verts varient considérablement en termes de sophistication technologique. La production de biens plus sophistiqués exige des capacités spécifiques que seuls quelques pays possèdent. A contrario, la production de biens moins sophistiqués est plus facile mais moins rentable du point de vue des entreprises et des pays. L'approche de la complexité économique (Hausmann *et al.*, 2014 ; Hidalgo et Hausmann, 2009) permet de comparer les produits en termes de sophistication technologique et, sur la base des données commerciales, évalue quels sont les pays ayant la plus grande capacité à produire ces biens. Essentiellement, sur la base du groupe de produits pour lesquels les pays ont des avantages comparatifs révélés, ces auteurs identifient les produits par ordre de complexité, ainsi que ceux des produits nouveaux qui sont les plus proches en termes de capacités disponibles dans le pays. Ils calculent ainsi un *indice de complexité* des produits ainsi que la distance d'un pays par rapport à chaque produit en fonction des produits pour lesquels le pays considéré possède un *avantage comparatif révélé*.

Mealy et Teytelboym (2020) ont utilisé cette méthode pour identifier les possibilités des pays à promouvoir les industries vertes. Les auteurs calculent l'indice de complexité d'une liste de produits considérés comme nécessaires à la transition verte⁵, puis la proximité de tous les pays par rapport à ces produits. Les produits pour lesquels le

5. La liste des produits verts est basée sur les classifications existantes des biens environnementaux de l'OMC, de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et de la Coopération économique Asie-Pacifique (APEC).

pays dispose déjà d'un avantage comparatif et d'une proximité élevée sont considérés comme des *atouts concurrentiels verts*, tandis que les produits pour lesquels les pays ont une proximité élevée mais un avantage comparatif faible sont considérés comme de simples *opportunités vertes*. L'idée sous-jacente à cette approche est que les pays à forte proximité ont les capacités nécessaires pour produire des biens, et donc qu'ils peuvent, par des politiques industrielles adéquates, déplacer leur structure de production vers ces industries.

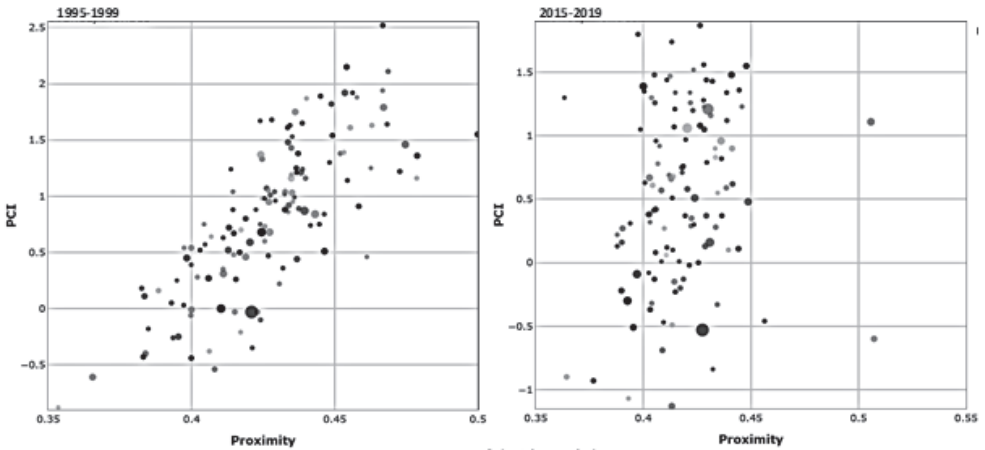
2.1. Une position industrielle dégradée pour les produits de la transition bas carbone

L'économie française peut être considérée comme une économie à fort potentiel écologique par rapport au reste du monde. La France se classe au 10^e rang mondial de l'indice de complexité verte, qui tient compte des forces concurrentielles vertes, ce qui indique que le pays possède les capacités nécessaires pour produire les produits verts les plus sophistiqués sur le plan technologique.

Cependant, l'analyse historique des capacités vertes françaises indique que la France tend à progressivement perdre ce potentiel. Le graphique 4, extrait du rapport *Green Transition Navigator* (Andres et Mealy, 2021), compare les atouts de la compétitivité verte du pays sur deux périodes : 1995-1999 et 2015-2019, et montre une nette diminution de la proximité (« proximity », axe horizontal) des produits verts les plus complexes (mesurée par l'indice de complexité, PCI ou « Product Complexity Index », en axe vertical).

La proximité des produits verts à faibles indices de complexité est restée stable autour de 0,4 indiquant que, compte tenu des exportations actuelles du pays, la France dispose de certaines des capacités nécessaires pour les produire. La proximité est une mesure de la similarité de la structure des exportations du pays par rapport aux pays les plus compétitifs pour ce produit, et donc une proximité élevée indique que le pays a les capacités technologiques et productives nécessaires pour produire le bien (Hidalgo et Hausmann, 2009). Le problème, cependant, est que la France a perdu le potentiel de produire des produits verts à haute complexité. Dans la période 1995-1999, la proximité du pays par rapport à ces produits était d'environ 0,45 mais pour la période 2015-2019, le pays présente une proximité supérieure à 0,45 dans un seul produit à PCI élevé ; ils sont maintenant autour de 0,4, comme les produits à faible complexité.

Graphique 4. Avantages compétitifs de la France en termes de production de produits « verts » dans les années 1990 et dans les années 2010



Avantages compétitifs de la France en termes de production de produits « verts » dans les années 1990, et dans les années 2010. Les produits retenus ont un avantage comparatif révélé (RCA) supérieur à 1. La taille des points reflète le RCA. Andres et Mealy (2021).

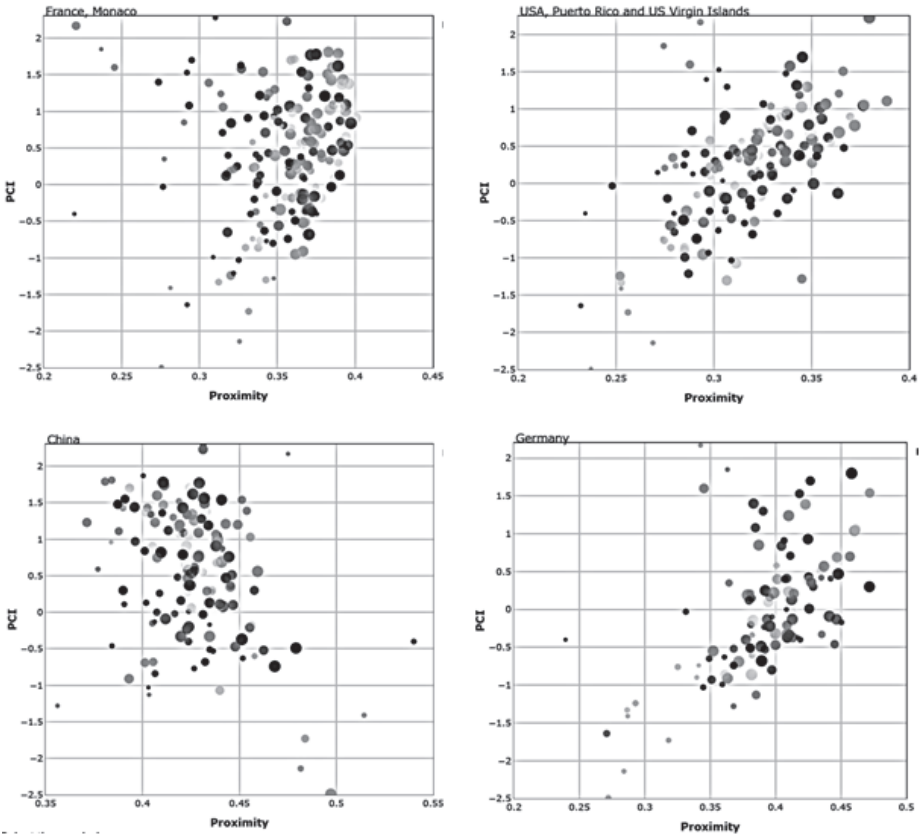
Ce fait indique que la France n'a pas utilisé ses capacités pour s'orienter vers les produits les plus sophistiqués, et il est maintenant plus difficile pour le pays de les produire. Néanmoins, la France fait toujours partie des pays les plus aptes à évoluer vers ces produits. Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles la France a perdu certaines des capacités nécessaires à la production de ces produits verts. Jara-Figueroa *et al.* (2018) montrent que les capacités sont spécifiques à l'industrie et que les connaissances tacites comptent, et donc que les économies diversifiées sont les mieux à même de migrer d'une structure productive à l'autre. Le processus de désindustrialisation qui a eu lieu en France au cours des dernières décennies est donc un bon candidat pour l'expliquer. La structure de la production française a changé depuis la fin des années 1970, lorsque l'emploi industriel a atteint un sommet (Rodrik, 2016), depuis lors, soit en raison de changements dans la structure de la demande intérieure, soit en raison de la perte de compétitivité des secteurs industriels sur les marchés extérieurs, un processus continu de déclin du secteur industriel en tant que part de l'économie a eu lieu à la fois en termes d'emploi et de valeur ajoutée⁶.

6. Dans les années 1970, selon la Banque mondiale, l'industrie représentait près de 30 % du PIB français, et elle en représentait 16,4 % en 2020.

2.2. Une situation internationale moyenne

La comparaison entre la Chine, la France, l'Allemagne et les États-Unis corrobore cette thèse. Le graphique 5 présente les opportunités vertes pour ces quatre économies, pour la période récente 2015-2019. Il est clair que l'Allemagne et la Chine – pays où les industries manufacturières sont restées centrales – sont dans une situation bien meilleure que la France et les États-Unis. Les deux pays présentent des niveaux élevés de proximité pour les produits verts complexes (entre 0,35 et 0,50), ce qui indique qu'ils disposent des capacités technologiques et productives nécessaires pour produire ces biens. La différence entre eux est que, tandis que l'Allemagne a les capacités de produire

Graphique 5. Opportunités vertes pour la Chine, l'Allemagne, les États-Unis et la France, 2015-2019



Les produits avec un $RCA < 1$ sont considérés comme des opportunités.
Andres et Mealy (2021).

essentiellement des produits verts complexes (relation positive entre PCI et Proximité), la Chine a les capacités de produire à la fois les produits verts les moins et les plus complexes (il n'y a pas de relation claire entre PCI et Proximité).

En France, la proximité de la plupart des produits verts se situe entre 0,3 et 0,4, et il n'y a pas de différence nette entre les produits à forte et faible complexité. Aux États-Unis, la proximité des produits les plus complexes se situe entre 0,3 et 0,4, comme en France, mais les produits moins complexes présentent une proximité encore plus faible. La promotion des industries vertes devrait se concentrer sur les produits à haute complexité, dès lors que ces produits sont ceux qui peuvent garantir la convergence de la productivité, la distribution des revenus et les emplois bien rémunérés (Gala *et al.*, 2018 ; Hartman, 2017).

2.3. La proximité technologique comme pivot d'une planification écologique

Une planification écologique doit pouvoir tenir compte de la proximité technologique des industries à prioriser, afin que le pays dispose des capacités technologiques et productives nécessaires à chaque étape. En ce sens, les États-Unis et la France sont dans une situation similaire, dès lors que la proximité des biens les plus complexes est similaire, et relativement dégradée par rapport à la Chine et à l'Allemagne.

Les cas de la Chine et de l'Allemagne illustrent l'importance d'un cadre structuré de politiques pour promouvoir une transition, dans des systèmes institutionnels par ailleurs profondément différents. Les deux économies présentent une forte proximité avec les produits verts les plus complexes car elles ont un fort avantage comparatif révélé pour d'autres produits sophistiqués. La plupart des produits verts présentent une proximité comprise entre 0,4 et 0,45 en Chine, indépendamment de leur complexité. Dans le cas de l'Allemagne, les produits verts les plus complexes se situent également entre 0,4 et 0,45, mais ce n'est pas le cas des produits à faible indice de complexité. Les opportunités vertes pour ces économies sont donc plus élevées qu'en France et aux États-Unis.

Promouvoir les industries vertes à forte complexité, comme le font la Chine et l'Allemagne, est tout l'objet d'une planification écologique de type industriel. Magacho *et al.* (2021) montrent que la compétitivité des coûts n'est pas pertinente dès lors qu'il s'agit d'expliquer la position des pays pour la production de biens sophistiqués. Étant donné que la

qualité et la diversification sont beaucoup plus importantes que le prix dans la concurrence pour ce type de produits, la réduction des coûts de main-d'œuvre aura un impact limité (voire négatif) sur la capacité des pays à être compétitifs sur les marchés internationaux.

Il est donc plutôt nécessaire de promouvoir une mise à niveau technologique. Storm et Nastepaad (2015), qui ont étudié la reprise réussie de l'économie allemande lors de la crise européenne de 2010, corroborent cette idée. Ils montrent que, contrairement à la réponse française fondée sur la compétitivité coûts, la compétitivité hors prix (induite par la qualité, le contenu technologique et la fiabilité) a été le facteur clé de la reprise réussie de l'Allemagne. Dès lors, la puissance publique devient essentielle comme point de coordination des parties prenantes, aménageur sur le territoire, et financeur de ce développement. La France ne peut pas compter sur la réduction du coût de la main-d'œuvre pour concurrencer la Chine et les autres économies émergentes d'Asie de l'Est et du Sud ; le pays doit s'orienter vers les industries les plus complexes et, pour être compétitif dans ces industries, des investissements dans les infrastructures technologiques et les activités complémentaires sont nécessaires pour promouvoir une mise à niveau de l'offre. Nous nous tournons maintenant vers ces éléments plus institutionnels dans le cas particulier de la France.

3. Quelles institutions d'une planification écologique industrielle pour la France ?

Les briques éparses d'un outil de planification écologique performant sont en réalité déjà existantes dans le paysage administratif et financier public français. Ainsi les projets de contrats de plan État-régions 2021-2027 forment un outil fondamental de l'articulation d'une planification nationale avec ses déclinaisons plus locales au travers d'investissements structurants partagés. Par ailleurs, un outil de planification régionale issu de la loi NOTRe de 2015, en l'espèce des Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires, ou SRADDET⁷ donnent un rôle pivot et intégrateur à la région dans la planification stratégique sur l'aménagement du territoire. Enfin au niveau national, c'est surtout le Commissariat

7. <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/sraddet-un-schema-strategique-prescriptif-et-integrateur-pour-les-regions>

général à l'investissement qui finance des investissements dits d'avenir, en même temps que les banques publiques que sont la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC) comme « banque des territoires » et la Banque Publique d'Investissement (BPI) pour les investissements plus orientés vers le secteur privé. Des organismes de prospective, plus que de planification, tentent par ailleurs de répondre à la question des dynamiques macroéconomiques ou sociales à venir, comme nous l'avons mentionné en introduction (France Stratégie, le Haut Commissariat au Plan, le Haut Conseil pour le Climat, etc.).

Articuler ces différents organismes dans une planification d'ensemble avec une cohérence scientifique, prospective, financière et démocratique, devient une urgence pour viser une réelle transition d'ici à 2030 et un horizon de neutralité carbone en 2050. La mise en cohérence d'ensemble des dispositifs publics de financement de l'investissement de la transition écologique pourrait être grandement améliorée en renforçant et en intégrant ces dispositifs préexistants de planification (Plihon, 2020). Nous nous concentrons ici sur deux axes clés pour parvenir à accroître la proximité avec les produits de la transition tout en développant la complexité des produits, à savoir le financement de l'investissement productif, et l'organisation territoriale des stratégies industrielles.

3.1. Des financeurs privés en panne d'orientation

Les flux financiers privés, malgré l'intérêt dont témoignent les acteurs de la finance verte, peinent globalement à s'aligner sur les objectifs de la transition. La réglementation financière est à ce stade trop étroitement focalisée sur l'obligation de transparence de l'information extra-financière des portefeuilles. L'article 173 de la loi de transition énergétique de 2016 oblige ainsi tout investisseur institutionnel à décrire comment il intègre les enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) dans la gestion de ses actifs, et à préciser comment il s'inscrit dans la lutte contre le risque climatique. L'article 29 de la loi climat et énergie de 2021 renforce ces exigences en ajoutant une obligation de *reporting* biodiversité à partir de 2022 (mesure de l'empreinte biodiversité et de la contribution à la réduction des impacts sur la biodiversité). Mais aucune mesure contraignante ou pénalisante n'est prévue lorsque la gestion financière n'est pas à la hauteur de ces défis.

Ces efforts de transparence sont certes utiles mais ne suffisent pas pour réorienter les flux financiers privés vers les secteurs émergents de la transition bas carbone, d'autant plus qu'ils se heurtent à de véritables difficultés pratiques liées à l'évaluation environnementale : par exemple, les cadres de *reporting* d'entreprises étant très hétérogènes, il est très difficile de comparer les engagements des différents acteurs financiers, et donc illusoire d'évaluer l'impact environnementale de la décision des investisseurs les plus sensibles à ces questions. Par ailleurs, le bilan du système financier et bancaire reste toujours très largement dépendant des secteurs fossiles, et ce particulièrement en France. Face à cette transparence pour le moins floue, la multiplication des critères Environnementaux, Sociaux et de Gouvernance (ESG) pour essayer d'attirer les investisseurs « éthiques » tourne à l'opération de *greenwashing* la plus pure, comme le soulignent les organes d'information financière eux-mêmes⁸.

3.2. L'importance industrielle des financeurs publics

La théorie économique standard réduit les investisseurs publics à un rôle subsidiaire de correction des « imperfections de marché » ; aller là où la finance privée ne se risque pas, tel serait l'horizon d'action de ces acteurs. Il a fallu attendre la crise financière des années 2007/08 pour jeter la lumière sur leur potentiel rôle en tant que financeurs contracycliques, capables de soutenir l'activité et l'emploi au moment précis où la finance privée faisait plonger l'économie dans la dépression. La décennie suivante a vu progressivement émerger le besoin de repenser notre mode de production à l'aune de la crise écologique ; or là encore, les acteurs financiers publics jouent un rôle pivot dans tout scénario ambitieux de transition écologique. C'est dans ce cadre nouveau, celui du financement de politiques publiques structurelles d'accompagnement de la transition écologique qu'un rôle moteur des acteurs financiers publics apparaît.

En Europe, des grandes banques publiques (ou les fonds souverains) comme le *Kreditanstalt für Wiederaufbau* en Allemagne, la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC) en France ou la *Cassa Depositi e Prestiti* en Italie ont toujours joué le rôle d'investisseurs de long terme ; aujourd'hui, une part croissante de leur mission est dédiée aux objectifs

8. <https://influencemap.org/report/Climate-Funds-Are-They-Paris-Aligned-3eb83347267949847084306dae01c7b0> \$35 Trillion in Sustainability Funds. Does it Do Any Good? Bloomberg

de la transition énergétique et écologique. Et ce rôle est appelé à croître encore, à en croire les engagements politiques pris dans le Pacte Vert européen : la Commission européenne prévoit en effet de revoir les règles concernant les aides publiques et d'accroître le rôle de la Banque publique européenne (BEI) et des banques publiques de développement nationales. La BEI s'affiche d'ores et déjà comme « la banque européenne du climat » et projette de débloquent jusqu'à 1 000 milliards d'euros d'investissements dans l'action pour le climat et le développement durable au cours de la prochaine décennie.

En France, la CDC s'affiche comme la « banque des territoires » et propose, en partenariat avec Bpifrance, un « plan climat 2020-2024 » à hauteur de 40 milliards d'euros d'investissements nouveaux. Cet effort est concentré sur l'efficacité thermique des bâtiments, la mobilité verte (notamment recharges de batteries) et la décarbonation d'entreprises industrielles, sur le déploiement des énergies renouvelables et des technologies associées et, enfin, sur le secteur dit innovant des « *greentech* ». La CDC finance également les mesures d'adaptation, notamment celles prises dans le cadre de la loi climat et résilience de 2020 face à la hausse inévitable du niveau marin et aux dommages consécutifs à anticiper.

3.3. Un triple rôle des organismes financiers publics

La révision à la hausse des objectifs climatiques européens, couplée à la mise en place du Pacte Vert et notamment au déploiement du nouveau paquet législatif *fit for 55*, place l'ensemble des acteurs financiers face à un horizon clair de transformation radicale de nos modes de production. À cet égard, l'investissement public a un triple rôle à jouer :

- D'abord celui de créateur de biens communs écologiques, autrement dit des investissements nécessaires dans les infrastructures de mobilité, d'habitat ou encore de santé, mais aussi dans des filières industrielles nouvelles qui poussent l'ensemble du tissu industriel vers une plus grande diversité et complexité. Les montants d'investissements publics annuels additionnels nécessaires à la transition bas carbone ont été évalués récemment (Berghmans *et al.*, 2021) à 17 milliards d'euros ;
- Deuxièmement, celui de financeur systémique. Au-delà de la question des volumes d'investissements, la question climatique doit conduire à réfléchir plus globalement à la coordination des différents volets et des choix sectoriels en particulier. Les

infrastructures de transport doivent être conjointement pensées et évaluées dans une perspective d'aménagement du territoire avec une réduction drastique des émissions de CO₂ ;

- Troisièmement, les acteurs financiers publics doivent aussi définir les nouvelles normes d'investissement considérées comme compatibles avec les objectifs climatiques et de biodiversité dans le cadre d'une transition territoriale juste. Si les institutions financières publiques françaises ont commencé de le faire, leurs efforts doivent être très fortement accrus dans la prochaine décennie. Façonnant ces nouvelles normes d'alignement, elles peuvent alors entraîner dans leur sillage une partie des acteurs financiers privés tout en bénéficiant potentiellement de nouveaux canaux de transmission des politiques monétaires aux investissements de la transition écologique.

3.4. Former des systèmes d'innovations territorialisés

Le volet industriel de la planification écologique abordé dans cet article doit par ailleurs se penser et se décliner de manière territoriale afin de construire des pôles de compétitivité territoriaux comme bases de politiques d'innovations. La complexité des produits fabriqués se déploie et s'inscrit dans un territoire, au travers d'un réseau d'entreprises qui utilise au mieux les effets d'agglomération (informations et compétences, mise en commun d'investissements de recherche et mobilisation des fonctions support dédiées).

La coopération doit s'étendre aux rapports entre industrie et système éducatif dans la formation de compétences et la participation conjointe à des programmes d'investissement mêlant acteurs financiers publics et privés. La finance doit s'adapter aux étapes de la chaîne d'innovations, de la recherche fondamentale dont les financements pérennes ne peuvent qu'être publics, aux nouvelles entreprises qui nécessitent des apports en capital-risqueurs (publics ou privés) et à la commercialisation qui peut bénéficier de financements privés ou publics plus traditionnels. Cette adaptation des formes de financement permet d'éviter la centralisation d'une planification rigide, comme l'éparpillement ou le doublonnage d'initiatives privées sans ligne directrice.

Enfin la planification territoriale doit promouvoir l'économie circulaire comme principe d'intégration de l'écologie et de l'économie, de manière à accroître la productivité de l'usage des flux de matières. La

création de chaînes de valeur, où les déchets deviennent des intrants, peu permettre en outre des économies d'importations.

4. Conclusion et perspectives

Cet article a développé une analyse en trois étapes : (1) une étude de l'exposition de l'industrie française à une transition bas carbone ; (2) un examen des opportunités que cette même structure industrielle ouvre dans la perspective d'une transition ; (3) une discussion de certaines conditions institutionnelles nécessaires pour faciliter une articulation d'ensemble que nous avons appelée « planification écologique ». Cette planification reposerait sur des formes de gouvernance financière, technologique et territoriale.

La France a en la matière une expérience ancienne qui a laissé encore quelques traces dans les institutions actuelles sans pour autant recréer un appareil d'outils de politique publique à la hauteur des enjeux. La planification française est issue du programme du Conseil National de la Résistance, adopté à l'unanimité le 15 mars 1944. Après la Libération, les réformes structurelles se sont imposées dès le début 1946 sous l'égide du gouvernement provisoire. Les nationalisations dans les secteurs clés de l'énergie, des transports publics et de la finance ont été les moyens pour éradiquer le pouvoir des lobbies sur la direction de l'économie. Le second volet a été l'ensemble des mesures sociales pour une démocratie économique : rétablissement des libertés syndicales, établissement de la sécurité sociale et des retraites selon le principe de la répartition.

Dès son origine, la planification française a recherché les modalités d'intervention de l'État pour faire face aux insuffisances du marché. C'était un projet de société orientant la politique économique sur un horizon pluriannuel. L'élaboration du Plan mobilisait une prospective macroéconomique des services de l'INSEE et du ministère des Finances. Sur cette base, l'enjeu était une large concertation des services publics et des partenaires sociaux dans les Commissions du Plan pour parvenir à une perspective d'intérêt général. La mise en œuvre elle-même était étroitement concertée dans les différents domaines où se déployaient les objectifs car elle mobilisait des ressources publiques importantes au service des priorités qui avaient été définies (Aglietta et Espagne, 2021).

Après le premier choc pétrolier de 1973, le plan s'est avéré incapable de gérer l'incertitude dans un environnement international hostile. Ce premier choc pétrolier coïncida aussi avec la création du ministère de l'Environnement en France, qui signalait une institutionnalisation des préoccupations environnementales. L'inadaptation de l'industrie à la concurrence internationale est devenue un problème lancinant au moment même où les conséquences écologiques des Trente glorieuses devenaient un sujet de débat politique.

C'est aujourd'hui une nouvelle inadaptation qu'il convient d'éviter, l'inadaptation aux industries nécessaires à la construction d'un monde décarboné. La planification écologique ne peut faire abstraction de la concurrence internationale et doit ainsi avoir un fort volet industriel sur lequel nous avons voulu insister dans cet article. La COP26 qui vient de se terminer à Glasgow fournit ainsi, en creux, une forme de plaidoyer pour des coordinations bien plus renforcées et moins dépendantes des marchés financiers pour atteindre collectivement les objectifs climatiques.

Nous pouvons finalement résumer les formes de la planification écologique par des conditions politiques (refonte d'un contrat social autour de ces objectifs écologiques et décentralisation accrue de compétences pour les réaliser en commun), financières (des institutions financières qui s'organisent autour d'une stratégie de transformation du tissu productif, tout en finançant une innovation territorialisée) et technico-industrielles (par la transformation des mobilités, des modes de vie et de consommation et un positionnement stratégique sur des filières vertes compétitives).

Références

- ADEME, 2021, *Transition(s) 2050 : Choisir maintenant. Agir pour le climat. Quatre scénarios pour atteindre la neutralité carbone.* <https://transitions2050.ademe.fr/>
- Aglietta M. et Espagne É., 2016, « Climate and Finance Systemic Risks, More Than an Analogy? The Climate Fragility Hypothesis », *CEPII Policy brief*.
- Aglietta M. et Espagne, E., 2021, « L'ardente obligation' de l'écologie politique », *L'Economie politique*, n° 1, pp. 8-22.
- Andres P. et Mealy P., 2021, *Green Transition Navigator* : www.green-transition-navigator.org

- Berghmans N., Vallejo L., Leguet B., Kerrand E., Eisl A., Nguyen P. V. et Timbeau X., 2021, *Climat : quels investissements pour le prochain quinquennat ?* (No. hal-03483383).
- Cabernard L. et Pfister S., 2021, « A highly resolved MRIO database for analysing environmental footprints and green economy progress », *Science of The Total Environment*, vol. 755, n° 1, 142587.
- Combet E., 2020, « Planning and Sustainable Development in the Twenty first Century », *CEconomia. History, Methodology, Philosophy*, n° 10-3, pp. 473-506.
- Durand C., 2021, « Energy Dilemma », *New Left Review*, 5 novembre 2021. <https://newleftreview.org/sidecar/posts/energy-dilemma>
- Durand C. et Espagne E., 2022, *Pour le prix du carbone, la guerre en Ukraine est un enterrement qui ne dit pas son nom*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/04/06/rechauffement-climatique-pour-le-prix-du-carbone-la-guerre-en-ukraine-est-un-enterrement-qui-ne-dit-pas-son-nom_6120759_3232.htm
- Espagne É., Antoine G., Magacho G., Mantes A. et Yilmaz D., 2021, « Developing countries' macroeconomic exposure to the low-carbon transition », *AFD Research Papers*, n° 220, pp. 1-42.
- Fourquet F., 1980, *Les comptes de la puissance, Histoire de la comptabilité nationale et du Plan*, Éditions Recherches.
- Gala P., Camargo J., Magacho G. et Rocha I., 2018, « Sophisticated jobs matter for economic complexity: an empirical analysis based on input-output matrices and employment data », *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 45, pp. 1-8.
- Hartmann D., Guevara M. R., Jara-Figueroa C., Aristarán M. et Hidalgo C. A., 2017, « Linking economic complexity, institutions, and income inequality », *World development*, n° 93, pp. 75-93.
- Hausmann R., Hidalgo C. A., Bustos S., Coscia M., Simoes A. et Yildirim M. A., 2014, *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*, The MIT Press, Cambridge.
- Hidalgo C. A. et Hausmann R., 2009, « The building blocks of economic complexity », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 106, n° 26, pp. 10570-10575.
- IDB et DDPLAC, 2019, *Getting to Net-Zero Emissions: Lessons from Latin America and the Caribbean*, Inter-American Development Bank, Washington D. C.
- IEA, 2021, *Net Zero by 2050*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- Jara-Figueroa C., Jun B., Glaeser E. et Hidalgo C., 2018, « The role of industry-specific, occupationspecific, and location-specific knowledge in the growth and survival of new firms », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 115 ; n° 50, pp. 12646-12653.

- Lenzen M., Moran D., Kanemoto K. et Geschke A., 2013, « Building EORA: A global multi-regional input- output database at high country and sector resolution », *Economic Systems Research*, vol. 25, n° 1, pp. 20-49.
- Magacho, G., Espagne, E., et Godin, A., 2022, « Impacts of CBAM on EU trade partners: consequences for developing countries », *Document de travail AFD* n° 238.
- Magacho G., Ribeiro R. et Rocha I., 2021, « Economic complexity and price competitiveness dependence: Empirical evidence using panel models », *International Journal of Development Issues*, (à paraître).
- Mealy P. et Teytelboym A., 2020, « Economic complexity and the green economy », *Research Policy*, 103948.
- Monnet J., 1976, *Mémoires*, Fayard.
- Pisani-Ferry J., 2022, *Il n'y aura de transition écologique réussie que si les citoyens se reconnaissent dans un projet collectif*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/04/22/jean-pisani-ferry-il-n-y-aura-de-transition-ecologique-reussie-que-si-les-citoyens-se-reconnaissent-dans-un-projet-collectif_6123328_3232.htm
- Plihon D., 2021, « La planification écologique, un impératif », *Politis*, 2020-02-12.
- PRA, 2015, *The impact of climate change on the UK insurance sector*, Londres, Prudential Regulation Authority, Bank of England.
- Rocard M., 2012, *Programme du Conseil National de la Résistance*, collection, « Quoi de neuf ? », Elytis.
- Rodrik D., 2016, « Premature deindustrialization », *Journal of economic growth*, vol. 21, n° 1, pp. 1-33.
- Semieniuk G., Campiglio E., Mercure J.-F. et Edwards, U. V. N. R., 2021, « Low-carbon transition risks for finance », *WIREs Climate Change*, 12:e678.
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S. E., Fetzer I., Bennett E. M., et Sörlin S., 2015, « Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet », *Science*, n° 347(6223).
- Storm S. et Nastepaad C.W., 2015, « Crisis and recovery in the German economy: the real lessons », *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 32, pp. 11-24.
- Tooze A., 2021, « Explaining the energy dilemma of 2021- the 2014 shock and the global energy business ... an answer to Cédric Durand. #Chartbook 51 on Shutdown : <https://adamtooze.substack.com/p/chartbook-51-explaining-the-energy>
- Viennot M., 2020, « Notre modèle de protection sociale est-il soutenable ? », *Regards*, n° 2, pp. 85-94.
- Volz U., Campiglio E., Espagne E., Mercure J. F., Oman W., Pollitt H. et Svartzman R., *Transboundary Climate-related Risks: Analysing the Impacts of a Decarbonisation of the Global Economy on International Trade, Finance, and Money*, IMFStat conference 2021.

ANNEXE 1. Secteurs dans EXIObase, anglais-français

Production of electricity by coal	Production d'électricité à partir de charbon
Production of electricity by petroleum and other oil derivatives	Production d'électricité à partir du pétrole et d'autres dérivés du pétrole
Manufacture of cement, lime and plaster	Fabrication de ciment, de chaux et de plâtre
Production of electricity by gas	Production d'électricité à partir de gaz
Cattle farming	Élevage bovin
Raw milk	Lait cru
Cultivation of paddy rice	Culture de riz paddy
Processing of meat cattle	Transformation de la viande bovine
Inland water transport	Transport fluvial
Manufacture of coke oven products	Fabrication de produits de cokerie
Meat animals nec	Animaux de boucherie n.c.
Recycling of waste and scrap	Recyclage de déchets et débris
Mining of coal and lignite, extraction of peat (10)	Extraction de charbon et de lignite, extraction de tourbe (10)
Processing of dairy products	Transformation de produits laitiers
Landfill of waste: Food	Mise en décharge de déchets : Aliments
N-fertiliser	Engrais N
Manufacture of basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof	Fabrication de fer et d'acier de base et de ferro-alliages et de leurs premiers produits
Extraction of natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying	Extraction de gaz naturel et services liés à l'extraction de gaz naturel, à l'exclusion de la prospection.
Re-processing of ash into clinker	Retraitement des cendres en clinker
Manufacture of rubber and plastic products (25)	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique (25)
Landfill of waste: Paper	Mise en décharge de déchets : papier
Composting of food waste, incl. land application	Compostage de déchets alimentaires, y compris l'épandage sur le sol
Extraction of crude petroleum and services related to crude oil extraction, excluding surveying	Extraction de pétrole brut et services liés à l'extraction de pétrole brut, à l'exclusion de l'arpentage
Waste water treatment, other	Traitement des eaux usées, autres
Manufacture of gas, distribution of gaseous fuels through mains	Fabrication de gaz, distribution de combustibles gazeux par conduites principales
Manufacture of other non-metallic mineral products n.e.c.	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques n.c.a.
P- and other fertiliser	Engrais P et autres engrais
Manufacture of furniture, manufacturing n.e.c. (36)	Fabrication de meubles, fabrication n.c.a. (36)

ANNEXE 2. Codes pays, pays de l'OCDE

Allemagne	DEU	Finlande	FIN	Norvège	NOR
Australie	AUS	France	FRA	Nouvelle-Zélande	NZL
Autriche	AUT	Grèce	GRÈ	Pays-Bas	NED
Belgique	BEL	Hongrie	HUN	Pologne	POL
Canada	CAN	Irlande	IRL	Portugal	PRT
Chili	CHI	Islande	ISL	République Tchèque	CZE
Colombie	COL	Israël	ISR	Royaume-Uni	GBR
Corée du Sud	KOR	Italie	ITA	Slovaquie	SVK
Costa Rica	CRI	Japon	JAP	Slovénie	SVN
Danemark	DNK	Lettonie	LVA	Suède	SWE
Espagne	ESP	Lituanie	LTU	Suisse	CHE
Estonie	EST	Luxembourg	LUX	Turquie	TUR
États-Unis	USA	Mexique	MEX		

