



HAL
open science

Prosperité, crises et accumulation : Socio-métabolisme et théorie de la régulation appliqués au cas de la France de 1960 à 2022

Alban Pellegris, Victor Court

► To cite this version:

Alban Pellegris, Victor Court. Prosperité, crises et accumulation : Socio-métabolisme et théorie de la régulation appliqués au cas de la France de 1960 à 2022. 2024. hal-04524091

HAL Id: hal-04524091

<https://hal.science/hal-04524091v1>

Preprint submitted on 27 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Prosperité, crises et accumulation : Socio-métabolisme et théorie de la régulation appliqués au cas de la France de 1960 à 2022

Alban Pellegris¹ Victor Court^{2,3,4}

¹ Laboratoire interdisciplinaire en Recherche et Innovations Sociétales (LiRIS), Université Rennes 2, Place du Recteur Henri Le Moal, CS 24307, 35043 Rennes Cedex, France

² IFP School, IFP Energies Nouvelles, 1 & 4 avenue de Bois Préau, 92852, Rueil-Malmaison cedex, France.

³ Chaire Énergie & Prospérité, Institut Louis Bachelier, 28 place de la Bourse, 75002, Paris, France.

⁴ Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain, Université Paris Cité, 10, rue Alice Domon & Léonie Duquet, 75013 Paris, France.

Résumé : La dérégulation du système financier est naturellement invoquée comme la principale cause de la crise financière de 2007. La bulle immobilière aurait été permise par le crédit *subprimes* risqué et cette accumulation de risque aurait été favorisée par la titrisation, le *shadow banking* ou encore la baisse des taux d'intérêt de la FED. Alors que le prix de l'énergie augmente sensiblement au cours des années 2000, le rôle de cette variable dans la genèse de la crise est peu mis en avant. Cela est d'autant plus surprenant que la majorité des récessions américaines depuis l'après-guerre ont été précédées par une forte augmentation des prix du pétrole. Cet article propose une histoire énergétique de cette crise. Pour y parvenir, il intègre de manière systématique les flux d'énergie à l'analyse des régimes d'accumulation. Deux littératures habituellement séparées sont réunies : l'analyse du métabolisme social et la théorie de la régulation. Là où le métabolisme social insiste sur les flux d'énergie qui irriguent l'économie, la théorie de la régulation permet une analyse historique du capitalisme et de ses crises. Nous montrons que, loin d'être un choc exogène, l'énergie apparaît comme une variable endogène clef, source de contradictions, que les configurations historiques du capitalisme doivent contenir et dépasser afin de permettre la poursuite de l'accumulation. La comparaison entre la crise des années 1970 et celle de 2007-2008 pour le cas français permet d'étayer notre propos. Si le capitalisme fordiste est parvenu à dépasser ses contradictions énergétiques en devenant néolibéralisme, l'apparition de nouvelles contradictions au début des années 2000, n'ont pour l'instant pas été surmontées par le néolibéralisme. Ce diagnostic semble indiquer l'existence d'une période charnière de reconfiguration du capitalisme français.

1. Introduction : l'énergie, grande absente des causes de la crise de 2007

À l'image de la théorie standard de la croissance économique, les explications communément admises pour rendre compte du déclenchement de la Grande Récession de 2008 comportent un écueil fondamental : elles n'ont généralement aucun lien avec ce qui active réellement la machine économique mondiale, à savoir l'énergie, et en particulier le pétrole (voir Annexe pour un résumé de l'origine de la crise financière et économique de 2007-08).

Néanmoins, quelques voix isolées ont tenté d'établir ce lien. Par exemple, Tverberg (2012) avance que le pic de production mondiale de pétrole conventionnel, atteint vers 2005, a entraîné une stagnation de la production pétrolière, ce qui a limité la croissance économique mondiale. Cette situation a augmenté les coûts de l'énergie et des matières premières, pesant sur les économies et exacerbant les problèmes de dettes. Selon Tverberg, ces facteurs ont contribué de manière significative à la crise financière de 2008, démontrant le rôle crucial de l'approvisionnement pétrolier dans la stabilité économique mondiale. Pour sa part, Hamilton (2009) n'hésite pas à qualifier la période 2007-2008 de choc pétrolier. Il identifie une combinaison de facteurs, notamment une production pétrolière mondiale stagnante face à une demande croissante, particulièrement en Chine, pour expliquer l'augmentation progressive des prix du pétrole au cours des années 2000, et leur flambée en 2007. Les conséquences ont été similaires à celles observées lors des chocs pétroliers précédents (ceux des années 1970 notamment), avec des effets significatifs à la baisse sur les dépenses de consommation et les achats d'automobiles domestiques. Pour Hamilton, cet épisode doit donc être ajouté à la liste des récessions américaines auxquelles les prix du pétrole semblent avoir contribué de manière significative¹.

Wu et al. (2019) ont précisé la chaîne de cause à effet de cette interaction entre prix du pétrole et déclenchement de la crise des *subprimes* de 2007. À l'aide d'un modèle calibrée sur des données californiennes, ces auteurs montrent que l'augmentation imprévue du prix de l'essence en 2007 a accru le coût des trajets domicile-travail, au point de diminuer la valeur des maisons éloignées des centres-villes. Les taux de saisie des maisons ont ensuite explosé, car les propriétaires ne pouvaient plus payer leurs hypothèques à cause des dépenses d'essence trop élevées. Partant de cette étude, Auzanneau (2023) adopte une approche plus systémique. Pour lui, la remontée des taux directeurs de la Réserve Fédérale entre 2004 et 2006 est une réponse directe à la dégradation de la balance commerciale des États-Unis et à la perte de valeur du dollar initiée en 2003, elles-mêmes déclenchées par le déclin continue de la production de pétrole conventionnel des USA depuis 1970 qui s'est notamment traduit par une hausse progressive du prix du baril entre 2003 et 2007. C'est donc fondamentalement en raison de la moindre accessibilité du pétrole que deux facteurs économiques majeurs, l'inflation d'origine énergétique et la remontée des taux directeurs, ont émergés pour finalement dégrader la solvabilité des ménages les plus modestes et conduire à l'éclatement de la bulle des *subprimes* et à la Grande Récession.

¹ On retrouve une analyse similaire, quoi que plus nuancée, chez Kilian (2009).

Ce rôle du prix de l'énergie dans le déclenchement de la crise financière de 2007 montre que la matérialité du monde réel se rappellera toujours à des phénomènes en apparence hors-sol. De fait, pour les chercheurs en économie écologique, les économistes (qu'ils soient néoclassiques, postkeynésiens ou autres) tendent à négliger l'importance des flux de matières et d'énergie dans le processus économique. De ce fait, ils passeraient à côté des dimensions proprement écologiques des crises (Kallis et al., 2009). Cependant, dans la mesure où les crises économiques et financières sont aussi affaire de flux de monnaie, les dynamiques propres à ces sphères ne doivent pas être négligées. Cela explique qu'une part importante de la macroéconomie écologique se soit tournée vers le cadre postkeynésien (Hardt and O'Neill, 2017).

Néanmoins, dans une perspective plus historique et, de ce fait, moins modélisatrice, la prise en compte de l'énergie permet-elle de mieux comprendre les régimes d'accumulation et les crises qui caractérisent les phases successives du capitalisme ? Pour répondre à cette question, nous proposons de privilégier le cadre offert par la théorie de la régulation (TR) et de l'appliquer au cas de la France, de 1960 à 2022. Même si ce cadre a déjà été utilisé pour analyser la Grande Récession de 2008 (Boyer, 2009) et plus généralement la dynamique historique du capitalisme il nous semble important de lui adjoindre les apports du métabolisme social, centré sur les concepts d'énergie nette, d'EROI, d'efficacité thermodynamique et de dépense énergétique.

La section 2 présente la méthodologie utilisée, à savoir une théorie de la régulation enrichie par certains apports de l'économie écologique. La section 3 applique ce cadre d'analyse au capitalisme français des soixante dernières années, de façon à faire émerger les faits énergétiques stylisés du fordisme et d'en déduire les contradictions internes qui ont dûes être surmontées pour aboutir au néolibéralisme. La section 4 discute de l'essoufflement du néolibéralisme et de ses capacités de dépassement. La conclusion résume les principaux apports de cette analyse et ouvre sur la possible émergence d'un capitalisme post-libéral du fait de l'impossibilité de maintenir l'abondance énergétique passée et le relais financier temporairement offert par une politique monétaire extrêmement accommodante.

2. Méthodologie : croiser la théorie de la régulation et l'analyse du métabolisme social

2.1. La théorie de la régulation : les régimes du capitalisme et leurs crises

La TR est une théorie macroéconomique apparue dans le courant des années 1970 (Aglietta, 1976) pour tenter d'expliquer la crise stagflationniste de l'époque. Pour y parvenir, les régulationnistes proposent un cadre à la croisée de trois courants de pensée : le keynésianisme, le marxisme et l'École des Annales (Boyer, 2011). Pour les régulationnistes, si Marx a identifié dans sa pureté l'*idéaltipe du capitalisme*, ce dernier connaît en pratique différents régimes dans le temps et dans l'espace (Amable, 2005). Ces différents *régimes d'accumulation du capital* se distinguent et s'identifient à partir de

certaines régularités : rythme de l'investissement, progrès de la productivité, part de la consommation salariale respectivement à celle de la consommation extérieure. L'existence de ces régularités est le produit d'un ensemble d'institutions qui organisent l'accumulation, une diversité de règles qui forment le *mode de régulation*. Ces règles touchent à de nombreux domaines (5 d'après la TR), que cela soit la gestion de la monnaie, le partage du revenu entre le capital et le travail, les conditions de travail, ou encore le degré d'ouverture commerciale (figure 1). Schématiquement, un mode de régulation est caractérisé de *concurrentiel* lorsque la coordination par les prix est centrale et d'*administré* quand la coordination par l'autorité (État, grandes entreprises) est forte. On appellera par la suite *mode de développement du capitalisme* la combinaison d'un régime d'accumulation du capital et du mode de régulation qui le soutient.

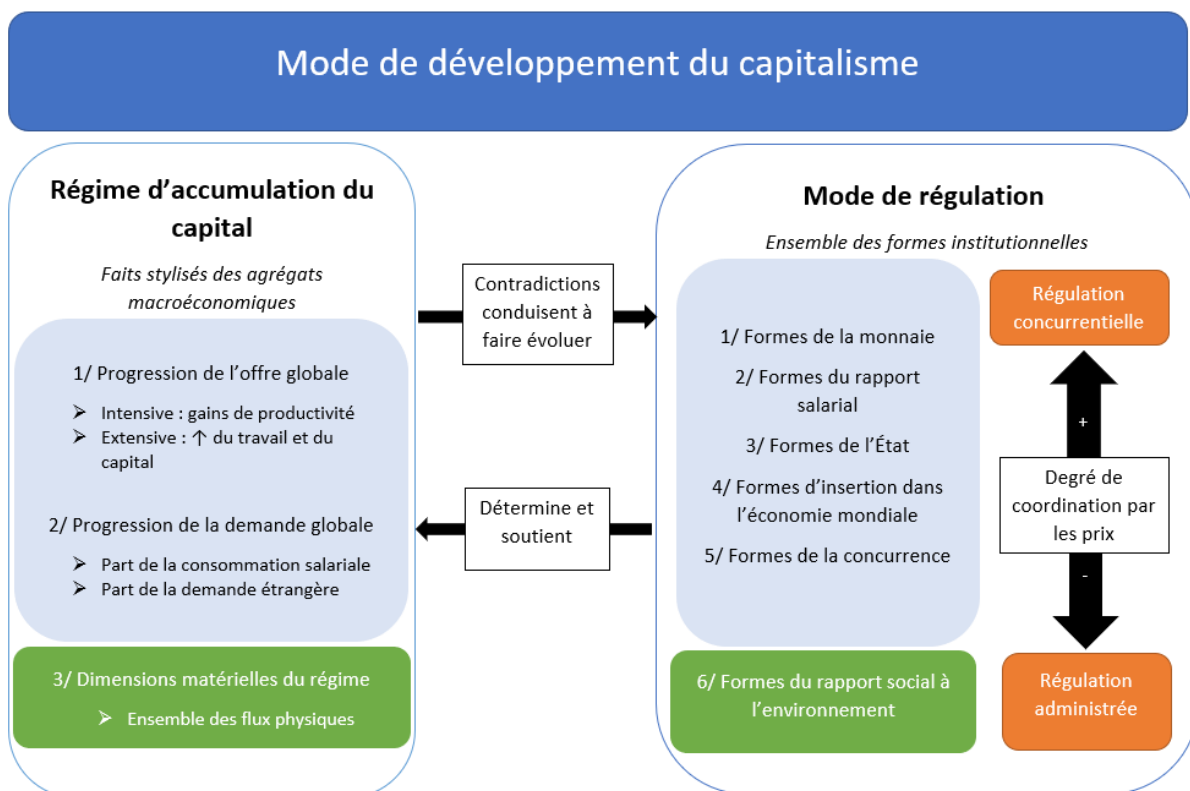


Figure 1. Le cadre théorique régulationniste. Source : auteurs.

Prenons pour exemple le mode de développement capitaliste de l'après-guerre appelé fordisme. Il peut être décrit comme la combinaison d'un régime d'accumulation intensif où les forts gains de productivité s'accompagnent d'une demande globale fortement tirée par la consommation salariale (consommation de masse). Ces régularités sont permises à la fois par un partage de la valeur ajoutée équilibrée (le compromis salarial fordiste) mais également par une régulation de la concurrence sur le marché domestique (politique industrielle forte) et vis-à-vis de l'extérieur (relatif protectionnisme). Les politiques de « stop & go », ainsi qu'un fort encadrement du système financier (répression financière), complètent le mode de régulation de cette période.

La théorie de la régulation permet donc d'identifier une succession de mode de développement, dont la typologie est propre à chaque nation. Par exemple, pour la France, on peut s'accorder sur l'enchaînement présenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Succession des modes de développement en France du XVIe siècle à aujourd'hui. Source : auteurs, d'après Boyer (2016, p. 65 ; 2023, p. 34).

| Mode de développement | Ancien Régime (XVIe-XVIIIe siècle) | Grande manufacture (XIXe siècle) | Taylorisme (début XXe siècle) | Fordisme (1945-1974) | Néolibéralisme (depuis 1974) |
|-----------------------------------|--|---|--|---|---|
| Caractéristiques | | | | | |
| Dynamique de l'offre globale | Extensive, secteur agricole prédominant, dépendance forte aux colonies | Extensive, début de mécanisation dans les manufactures urbaines | Intensive, début des chaînes de montage | Intensive, mobilisation des rendements d'échelle | Tendance extensive : épuisement des gains de productivité et tertiarisation |
| Composition de la demande globale | Paysannerie, bourgeoisie montante, aristocratie (effort de guerre soutenu) | Paysannerie, bourgeoisie affirmée, dépenses publiques | Part croissante de la demande des salariés | Rôle moteur de la demande des salariés pour la consommation de masse | Salariale mais stratifiée en fonction du revenu |
| Régulation | Administrée | Concurrentielle | Concurrentielle | Administrée | Concurrentielle |
| Partage de la valeur ajoutée | Accaparement par l'aristocratie | Au bénéfice des détenteurs de capitaux | Au bénéfice des détenteurs de capitaux, part croissante pour les salaires | Stabilisation <i>ex ante</i> du partage entre salaires et rémunération du capital | Réduction de la part salariale puis stabilisation |
| Crises cycliques | Aléas météorologiques | Aléas météorologiques, déséquilibres liés à l'accumulation | Déséquilibres de l'accumulation non pris en charge par la politique économique | Déséquilibres de l'accumulation pris en charge par la politique conjoncturelle | Succession de bulles spéculatives |
| Crise structurelle | Conflit politique pour l'appropriation des richesses | Spirale déflationniste et équilibre de sous-emploi | | Stagflation | Système financier sous contrôle des banques centrales |

Sur cette base, la théorie de la régulation propose une *typologie des crises*. Les petites crises dites « cycliques » révèlent des déséquilibres partiels et provisoires dans les régimes d'accumulation et peuvent être surmontées en s'appuyant sur le mode de régulation en vigueur. Par exemple, un choc de demande négatif que la politique conjoncturelle, budgétaire ou monétaire, vient résorber. Les grandes crises ou « crises structurelles » signalent au contraire l'épuisement d'un mode d'accumulation. C'est le cas de la crise des années 30 analysée comme une contradiction entre des méthodes de production de masse (taylorisme) et une absence de consommation de masse (faute de règles salariales permettant à la demande salariale d'émerger et d'absorber cette production). Face à une telle crise, seul un nouvel ensemble « régime d'accumulation/mode de régulation » permet de surmonter la crise. La théorie de la régulation propose ainsi une analyse du changement social qui se veut endogène, du fait de l'apparition de contradictions.

Ce souci d'endogénéiser les crises a pu conduire la théorie de la régulation à négliger les dimensions matérielles du processus de production chères aux économistes écologiques. Père fondateur, Robert Boyer explique par exemple que « la théorie de la régulation s'était en effet construite contre l'interprétation standard de la crise [de 1973-74] comme résultante d'un choc pétrolier exogène » (Boyer et al., 2023, p.6). Pour Lipietz (2002 [1995], p. 351), autre figure historique de la théorie de la régulation, cette relégation des dimensions matérielles s'explique également par le fait qu'il était « difficile de prétendre que le fordisme soit entré en crise par le rapport société-environnement »². Une autre raison, plus épistémologique peut être avancée : mettre l'accent sur les flux d'énergie et de matière dans la dynamique économique pouvait alors être perçu comme un déterminisme matériel et asocial. On notera que les dimensions physico-matérielles n'apparaissent dans le tableau 1 que sous la forme de contraintes météorologiques pour les deux premiers modes de développement. Elles ne rentrent pas en considération dans la dynamique des régimes suivants.

Depuis le début des années 2000, un mouvement est à l'œuvre (en vert sur la figure 1) pour mieux prendre en compte les enjeux de durabilité et de ressources naturelles au sein de la TR. Ces dimensions sont intégrées à partir du concept de rapport social à l'environnement défini comme l'ensemble des règles régissant « l'accès à l'environnement physique et les modalités de son utilisation pour les activités de production et de reproduction » (Becker et Raza, 2000, p. 11). Si l'on suit Polanyi (1944), le capitalisme nécessite en effet trois marchandises fictives³ pour se développer : la terre, le travail et la monnaie. Le fait que la TR ne s'intéressent qu'aux institutions régissant l'usage de la force de travail (formes du rapport salarial) et de la monnaie (formes de la monnaie) était une grosse lacune que ce concept permet de combler.

Une intégration complète des dimensions écologiques à l'analyse suppose toutefois de caractériser les flux d'énergie et de matière mobilisés par un régime d'accumulation. En effet, dans la mesure où toute production est matérielle, la dynamique macroéconomique ne saurait s'apprécier uniquement à partir d'agrégats monétaires. Plus tardif, ce travail a commencé à être mené par la TR, que cela soit pour l'eau (Buchs, 2012), l'énergie (Cahen-Fourot and Durand, 2016) ou encore la matière (Magalhães, 2023).

² Factuellement, le ralentissement des gains de productivité débute dans les années 60. Il est donc antérieur aux chocs pétroliers (Rousseau et Zuindeau, 2007).

³ Pour Polanyi, « le travail, la terre et la monnaie *ne sont pas* des marchandises [dans la mesure où]; en ce qui les concerne, le postulat selon lequel tout ce qui est acheté et vendu doit avoir été produit pour la vente est carrément faux. [...] Le travail n'est que l'autre nom de l'activité économique qui accompagne la vie elle-même – laquelle, de son côté, n'est pas produite pour la vente mais pour des raisons entièrement différentes –, et cette activité ne peut pas non plus être détachée du reste de la vie, être entreposée ou mobilisée ; la terre n'est que l'autre nom de la nature, qui n'est pas produite par l'homme ; enfin, la monnaie réelle est simplement un signe de pouvoir d'achat qui, en règle générale, n'est pas le moins du monde produit, mais est une création du mécanisme de la banque ou de la finance d'État. Aucun de ces trois éléments – travail, terre, monnaie – n'est produit pour la vente ; lorsqu'on les décrit comme des marchandises, c'est entièrement fictif » (Polanyi, 1944, chap. 6, p. 107).

Il est important de noter que les règles formant le rapport social à l'environnement ne sont pas les seules institutions à organiser la dynamique des flux physiques⁴. Pour ne prendre qu'un exemple, l'intensification de la mondialisation (forme d'insertion dans l'économie mondiale) ont conduit à des délocalisations qui explique, en partie, la trajectoire énergétique des pays (baisse de l'intensité énergétique). De même, les politiques réglementaires encourageant à réaliser des économies d'énergie (formes du rapport social à l'environnement) ont également joué un rôle.

En résumé, les 6 formes institutionnelles appartiennent au *mode de régulation*. Toutes sont donc responsables de la dynamique des flux d'énergie et de matière qui appartiennent au régime d'accumulation (figure 1). C'est à ce niveau que la jonction avec l'économie écologique peut s'avérer pertinente. C'est d'ailleurs ce que proposent Cahen-Fourot et Magalhães (2023) lorsqu'ils appellent à croiser théorie de la régulation et *material flow analysis* (MFA). Dans les sections suivantes, nous poursuivons cette entreprise mais en nous focalisant sur d'autres corpus relatifs aux flux d'énergie.

2.2. Les analyses du métabolisme social : l'énergie nette au cœur des dynamiques économiques

Sous la dénomination de « métabolisme social », nous regroupons toutes les analyses qui, au sein de l'économie écologique mettent en leur cœur la question de *l'énergie nette*. L'énergie nette est la quantité d'énergie qui atteint l'économie une fois que les besoins propres au système énergétique ont été satisfaits. On a donc :

$$\text{Energie nette} = \text{Energie brute produite} - \text{Energie investie pour produire l'énergie brute} \quad (1)$$

Dans la mesure où toute production ou activité suppose de la matière mais également de l'énergie pour transformer cette dernière, l'existence d'un surplus énergétique est un préalable à toute production non énergétique. Pour le dire plus simplement, les secteurs énergétiques doivent non seulement produire une quantité d'énergie pour eux mais également pour les secteurs non énergétiques. Les travaux de ce champs mobilisent un indicateur proche, le taux de retour énergétique ou *Energy Return on Investment* (EROI) en anglais, qui est une mesure de l'accessibilité de l'énergie (Brockway et al., 2019; Delannoy et al., 2023). Cet indicateur est calculé en rapportant la quantité d'énergie fournie par un processus donné à la quantité d'énergie consommée par ce même processus :

$$\text{EROI} = \frac{\text{énergie brute produite}}{\text{énergie investie pour récupérer l'énergie brute produite}} \quad (2)$$

⁴ C'est la raison pour laquelle certains auteurs de la TR ont pu privilégier le concept de « dispositifs institutionnels environnementaux » (Elie et al., 2012). L'objectif était alors d'insister sur le fait qu'il s'agissait bien des institutions et non des flux matériels.

L'EROI est, par construction, lié à l'énergie nette de la sorte :

$$\text{Energie nette} = \text{énergie brute produite} * \left(1 - \frac{1}{\text{EROI}}\right) \quad (3)$$

On mesure l'EROI pour un système énergétique donné, c'est-à-dire un ensemble composé d'une source d'énergie primaire (non renouvelable ou renouvelable) et d'un ensemble de convertisseurs permettant d'aboutir à une énergie utile (sous forme de mouvement, de chaleur, de lumière, etc.). Un point important est de comprendre que l'EROI évolue au cours du temps sous l'effet de deux facteurs opposés : d'un côté, l'appauvrissement de la qualité des ressources (car après avoir exploité les meilleurs gisements de pétrole ou de vent, il faut se contenter des moins bons), qui tend à diminuer l'EROI ; et, de l'autre, le changement technique (par effet d'apprentissage, de rendements d'échelle et par R&D) qui lui, au contraire, tend à augmenter l'EROI (Court et Fizaine, 2017). Il est alors tentant de se demander si les dynamiques du prix de l'énergie sont affectées par une modification de l'accessibilité physique de l'énergie (Guay-Boutet and Dufour, 2024; Heun and de Wit, 2012).

Au-delà de l'effet potentiel sur le prix de l'énergie, une dégradation de l'EROI suppose de rediriger des ressources énergétiques – sous forme de main-d'œuvre et surtout d'investissements dans des infrastructures et des machines – vers le secteur énergétique afin de maintenir le flux d'énergie nette délivré à la société. Dans cette perspective, l'EROI apparaît comme une condition nécessaire au développement économique (Hall et al., 2009). C'est la raison pour laquelle, une partie de ce corpus s'est penché sur la relation entre EROI et taux de croissance économique. Cette relation est souvent médiée par la notion de dépenses énergétiques, soit le coût d'approvisionnement en énergie (produite domestiquement et importée) par rapport à la production intérieur brut (Bashmakov, 2007; Fizaine and Court, 2016; Murphy and Hall, 2011). Un EROI faible se traduit par une augmentation du poids des dépenses énergétiques rapportées au PIB. Lorsque les dépenses énergétiques augmentent plus rapidement que le PIB, les revenus ne peuvent pas suivre et la consommation ainsi que l'investissement discrétionnaires s'en trouvent réduits (King and Hall, 2011), le tout conduisant à un ralentissement de la croissance.

Outre le taux de croissance du PIB, certains travaux articulent l'EROI à d'autres indicateurs sociétaux, par exemple l'*energy metabolic rate* (EMR) qui rapporte la quantité d'énergie consommée (au niveau primaire, finale ou utile) aux heures de travail. Pour Giampietro et al. (2014), cet indicateur est fondamental : l'augmentation de l'énergie par tête est ce qui explique l'amélioration de ce que les économistes appelle la « productivité du

travail », soit le ratio entre PIB et heures travaillées. Dans une perspective socio-métabolique, cette productivité du travail résulte de la substitution du travail humain par des machines activées par de l'énergie (à 80 % fossile dans nos économies modernes). Ce sont ces gains de productivité, permis par l'énergie, qui rendent possible la baisse du temps de travail (part des inactifs, durée de travail tout au long de la vie) et le développement de nouveaux secteurs dans les économies industrielles (l'agriculture ne capte plus que 1,5 % des actifs dans les pays les plus avancées par exemple, grâce à la mécanisation et à l'énergie fossile).

Pour finir, on notera également les propositions d'indicateurs basés sur l'exergie, une mesure plus qualitative de l'énergie⁵. L'exergie permet de saisir que toutes les formes d'énergie ne sont pas qualitativement équivalentes, même dans des quantités égales : « 1 kWh de travail mécanique peut être converti en 1 kWh de chaleur à 30°C, mais 1 kWh de chaleur à 30°C peut être converti au maximum en 0,066 kWh de travail mécanique [...] Le travail mécanique est la forme énergétique ayant le plus de valeur car c'est celle qui a la plus haute efficacité de conversion vers les autres formes d'énergie » (Santos et al., 2018, p.112). L'utilité pour notre propos tient au fait que ce cadre permet d'obtenir une mesure de l'efficacité énergétique agrégée d'un secteur économique ou même d'une nation entière. Il suffit pour cela de rapporter la quantité d'exergie utile à la quantité d'exergie finale ou primaire. On peut également ajouter à la liste de ces indicateurs, l'empreinte énergétique, qui permet de mettre en évidence les usages de l'énergie qui ont lieu en dehors des frontières nationales pour produire des biens importés.

Tableau 2. Principaux indicateurs extraits de la littérature sur le métabolisme social. Source : auteurs.

| Acronyme | Indicateur | Unité |
|------------|---|----------|
| EROI | Energy Return on Investment | |
| D/PIB | Dépenses énergétiques rapportées au PIB | % |
| EMR | Energy metabolic rate | TJ/heure |
| P, F, U | Exergie primaire, finale ou utile | TJ |
| F/P | Efficacité thermodynamique primaire à finale | % |
| U/F | Efficacité thermodynamique finale à utile | % |
| U/P | Efficacité thermodynamique primaire à utile | |
| P*, F*, U* | Empreinte énergétique primaire, finale ou utile | TJ |

⁵ L'énergie qui prend la forme de chaleur n'est pas équivalente à celle qui prend la forme d'un travail mécanique : Ainsi on appellera exergie, le maximum de travail mécanique qui peut être extrait d'une quantité donnée d'énergie.

Nous allons maintenant voir de quelle manière ces différents indicateurs et résultats peuvent être intégrés au cadre régulationniste afin de caractériser plus finement les régimes d'accumulation.

2.3. Écologiser les concepts régulationnistes

Suivant Huber (2013), nous pensons que « la théorie de la régulation ne requiert pas forcément une nouvelle dimension écologique de recherche, mais plutôt une reformulation des concepts clefs de la régulation dans un sens écologique » (p. 173, nous traduisons). La TR doit pouvoir acter le fait que l'offre de biens et services repose toujours sur une base matérielle (plus ou moins intense). En pratique, en repartant de la figure 1, cela signifie que les flux de matières et d'énergie ne doivent pas seulement être intégrés à l'analyse des régimes d'accumulation. Il ne s'agit pas de venir *superposer* une analyse des flux matériels mais plutôt de venir « matérialiser » l'analyse de l'offre et de la demande. Il faut penser *l'articulation* entre agrégats physiques et monétaires. Pour le dire encore autrement, les flux d'énergie et de matières doivent irriguer les concepts régulationnistes utilisés pour caractériser la progression de l'offre et de la demande.

Du côté de l'offre, une première possibilité consiste à reformuler le caractère intensif ou non des régimes d'accumulation à partir de catégories véritablement matérielles. L'EMR offre cette possibilité compte tenu de son élasticité unitaire avec la productivité apparente du travail (Semieniuk, 2016). Néanmoins, cette productivité apparente peut progresser indépendamment de l'EMR, notamment lorsqu'une spécialisation avantageuse permet de réduire l'intensité énergétique de la production. Il faut donc pouvoir prendre en compte l'empreinte énergétique (si possible au niveau final, F^*). Par ailleurs, par construction, l'EMR au niveau finale (F/h) peut également être affecté par des progrès de l'efficacité énergétique (P/F , U/P ou U/P).

Une autre possibilité d'écologisation est offerte par le taux de profit. Utilisé pour caractériser le système néolibéral (taux de profit déconnecté du taux de l'accumulation), le taux de profit peut également servir de support à l'intégration des questions énergétiques. Pour saisir ce point, il est utile de repartir de la définition binaire du taux de profit proposé par Karl Marx. Chez Marx, le taux de profit R se calcule en rapportant le profit monétaire (ou plus-value, noté PV) à la valeur des capitaux engagés, dont on distingue deux catégories, le capital constant (c'est-à-dire les machines et les matières premières, noté C) et le capital variable (c'est-à-dire la force de travail, noté V). On peut donc écrire :

$$R = \frac{PV}{C + V} \quad (4)$$

En divisant les termes par V , on peut réécrire l'équation avec une nouvelle variable, $\frac{PV}{V}$, qui désigne le taux d'exploitation E , soit :

$$R = \frac{E}{\frac{C}{V} + 1} \quad (5)$$

Le taux de profit peut s'analyser comme le produit de deux variables : le taux d'exploitation (E) de la force de travail et la *composition organique du capital* (COC), $\frac{C}{V}$. La COC est une composition *en valeur*. Elle se distingue donc de la *composition technique du capital* (CTC), c'est-à-dire l'intensité capitaliste du processus de production, $\frac{K}{L}$. Pour le dire autrement, la COC est le produit de la CTC par le prix relatif du capital et du travail, $\frac{r}{w}$:

$$COC = CTC * \frac{r}{w} \quad (6)$$

Pour Marx, le développement des forces productives se traduit par une substitution du travail vivant (celui des ouvriers) par du travail mort (celui des machines), se traduisant par à une augmentation de la composition technique du capital. Pour autant, cela ne préjuge pas de l'évolution de la composition organique du capital, puisque celle-ci dépend aussi du rapport des prix du capital et du travail. En effet, l'augmentation de la composition technique affecte également la valeur des équipements (le temps de travail nécessaire à leur production est réduit) ce qui va impacter la COC⁶. L'augmentation de la composition technique a donc deux effets contradictoires : un effet volume (la quantité de machines augmente relativement au nombre de travailleurs) et un effet prix (la baisse du prix des marchandises du fait des gains de productivité).

Cette composition technique du capital peut être reformulée à partir de l'*energy metabolic rate* (EMR). Face aux impasses de la mesure d'une quantité physique de capital par tête autrement qu'en monnaie (Robinson, 1971), l'EMR est une alternative intéressante. En effet, dans la mesure où le parc de machines utilisé suppose une consommation d'énergie pour être mis en mouvement, l'énergie mobilisée par heure de travail est une bonne approximation de la quantité de capital par tête. Cette reformulation de la composition technique du capital nous permet d'intégrer les quantités d'énergie à l'analyse de la dynamique du profit :

⁶ Marx explique que « la même évolution qui fait s'accroître la masse du capital constant par rapport au capital variable fait baisser la valeur de ses éléments par suite de l'accroissement de la productivité du travail, et empêche ainsi que la valeur du capital constant, qui pourtant s'accroît sans cesse, n'augmente dans la même proportion que son volume matériel. Dans tel ou tel cas, la masse des éléments du capital constant peut même augmenter, tandis que sa valeur reste inchangée ou même diminuée. [L]es mêmes causes qui engendrent la tendance à la baisse du taux de profit modèrent également la réalisation de cette tendance » (Marx, III, 1867, p. 248-249, nous soulignons).

1. À mesure que le développement des forces productives a lieu, le capital par tête augmente (**la CTC augmente**), donc la quantité d'énergie mobilisée également. Toutes choses égales par ailleurs, la **COC augmente**, ce qui fait **baisser le taux de profit**.
2. Cette mobilisation d'énergie permet de réduire le temps de travail nécessaire à la production des marchandises, donc de faire baisser la valeur des biens d'équipement. Le ratio $\frac{r}{w}$ diminue, donc **la COC baisse, et ainsi le taux de profit augmente**.
3. Ces gains de productivité ont également lieu dans le secteur de production des biens salariaux, réduisant la valeur de la force de travail ($\frac{r}{w}$ augmente, donc **hausse de la COC et baisse du profit**), mais les salariés peuvent prétendre à une partie de ces gains de productivité sous forme de hausse de salaires ($\frac{r}{w}$ diminue, donc **baisse de la COC et hausse du profit**).

Les effets de l'augmentation de la quantité d'énergie par tête sur le taux de profit sont donc indéterminés. On peut déjà saisir l'importance qu'aura la codification des différentes formes institutionnelles, notamment les règles quant au partage des gains de productivité sur la dynamique du profit.

La deuxième variable qu'il faut pouvoir intégrer à l'analyse est le *prix relatif de l'énergie*. En effet, l'augmentation de ce prix intervient lui aussi sur le niveau de la COC puisque l'énergie appartient au prix du capital constant (r). Des travaux économétriques ont par exemple mis en évidence une relation significative et négative entre prix relatif de l'énergie et taux de profit pour 16 pays européens sur la période 1995-2019 (Pellegris, 2022). Par ailleurs, les statistiques descriptives françaises indiquent une corrélation négative entre poids des dépenses énergétiques et taux de profit (Husson, 2009).

Du côté de la demande, le poids des dépenses énergétiques dans le PIB est à considérer. Comme l'indique Cahen-Fourot « la disponibilité de l'énergie à bas coût permet aussi la consommation de masse, nécessaire pour absorber les produits de ces gains de productivité et assurer la cohérence du régime d'accumulation » (2023, p. 90). Reste que ni le poids de la dépense énergétique, ni le prix relatif de l'énergie ne sont analysés dans les travaux régulationnistes les plus appliqués. Pourtant ces données existent. Il est notamment possible d'analyser cette dimension plus finement en s'intéressant aux poids des dépenses énergétiques dans le revenu des ménages.

La figure 2 synthétise nos propositions d'écologisation, ou plutôt d'« énergétisation », des concepts régulationnistes. Toutes les catégories présentées appartiennent à l'analyse du régime d'accumulation. Cependant, nous avons estimé pertinent de faire apparaître les formes institutionnelles susceptibles d'organiser la dynamique de ces catégories

Les sections 3 et 4 entendent montrer comment ces catégories se relèvent pertinentes pour renouveler la compréhension de l'essor et des crises du fordisme puis du néolibéralisme en France.

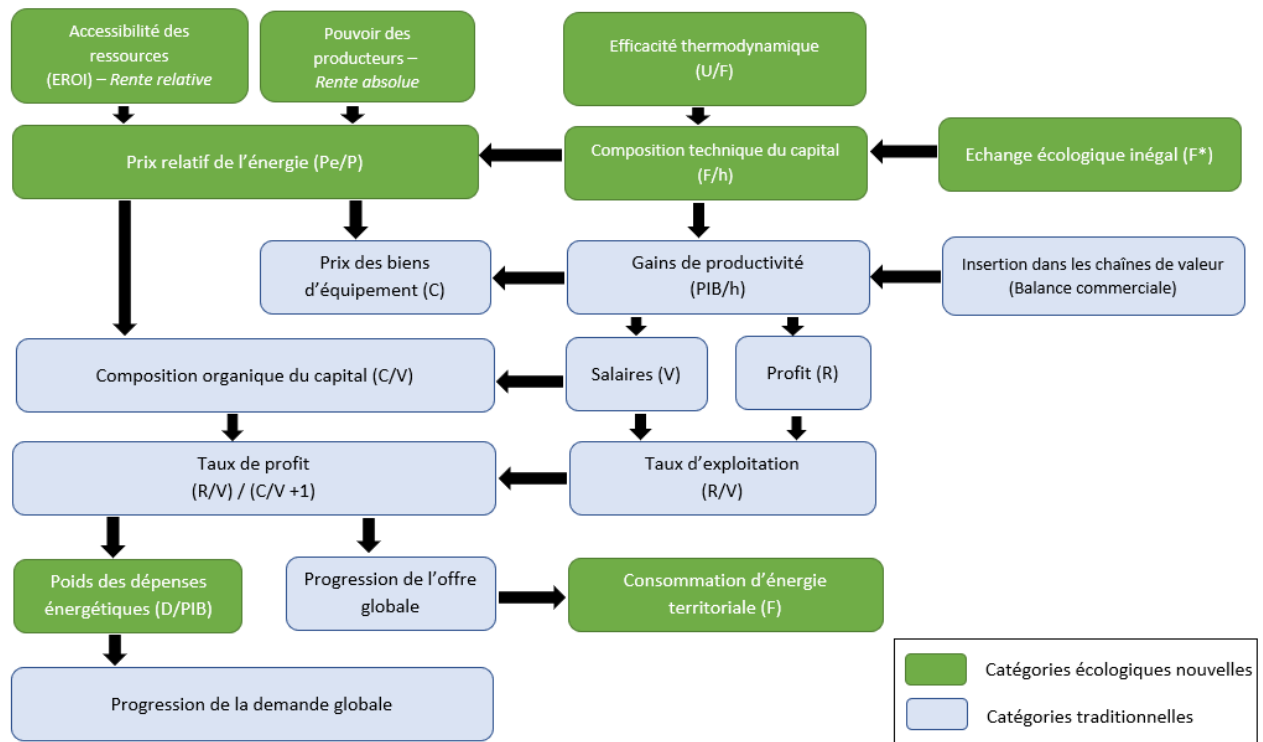


Figure 2. L'écologisation de l'analyse des régimes d'accumulation. Source : auteurs.

3. Résultats : du fordisme au néolibéralisme par le dépassement des contradictions énergétiques

3.1. Les faits stylisés énergétiques du fordisme (1960-1974)

La composition technique du capital et la productivité apparente du travail

Entre 1960 et 1974, que ce soit au niveau de l'économie ou des seuls secteurs productifs⁷, la composition technique du capital (voir figure 3) est multipliée par 2,5 soit une augmentation de 6,1 %/an en moyenne. L'efficacité thermodynamique (U/E) progresse également : elle passe de 15 % en 1960 à 21 % en 1969, après quoi elle se met à stagner (figure 4). En conséquence, la composition technique du capital, mesurée au stade utile, augmente encore plus fortement : elle est multipliée par 3,5 sur la période, soit un rythme annuel moyen de 9,4 %. Contrairement à une idée reçue, l'efficacité énergétique n'est pas étrangère à la

⁷ Par secteur productif, nous avons tenté au maximum de retirer la consommation énergétique des ménages pour ne conserver que les usages des entités productives (entreprises et administrations publiques). Pour y parvenir nous avons soustrait de la consommation d'énergie finale totale les usages résidentiels ainsi que les consommations liées au transport routier. Cet agrégat reste imparfait dans la mesure où le transport routier inclut non seulement les usages des ménages et celui des entreprises. Il reste toutefois un proxy intéressant permettant d'interpréter d'éventuelles divergences avec la consommation d'énergie finale totale.

période fordiste mais ces gains en efficacité alimentent un puissant effet rebond (Berner et al., 2022; Brockway et al., 2021): l'efficacité thermodynamique (U/E) progresse de 40 % alors que la consommation d'énergie finale est multipliée par 2,25. Outre les progrès de l'efficacité énergétique, l'autre puissant facteur d'incorporation de l'énergie au processus productif est le prix relatif de l'énergie. Comme le montre la figure 5, le prix relatif de l'énergie chute de 17 % entre 1960 et 1973, avant d'amorcer une remontée brutale en 1974 (le niveau atteint est alors celui de 1960).

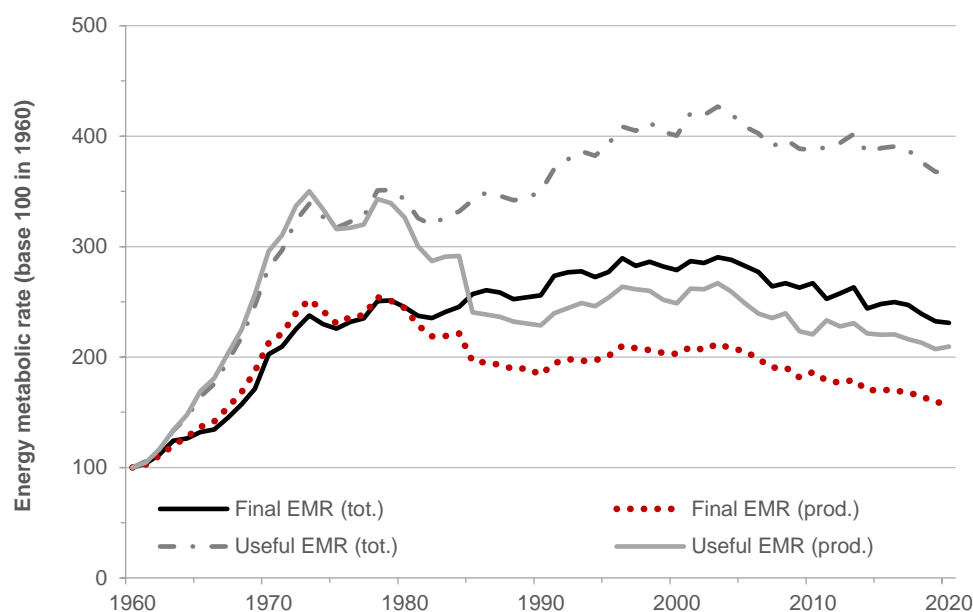


Figure 3. Composition technique du capital estimé par l'energy metabolic rate (EMR) au stade final et utile pour l'économie nationale et les secteurs productifs⁸ en France (1960-2020). Source : auteurs à partir de données de Marshall et al. (2024)

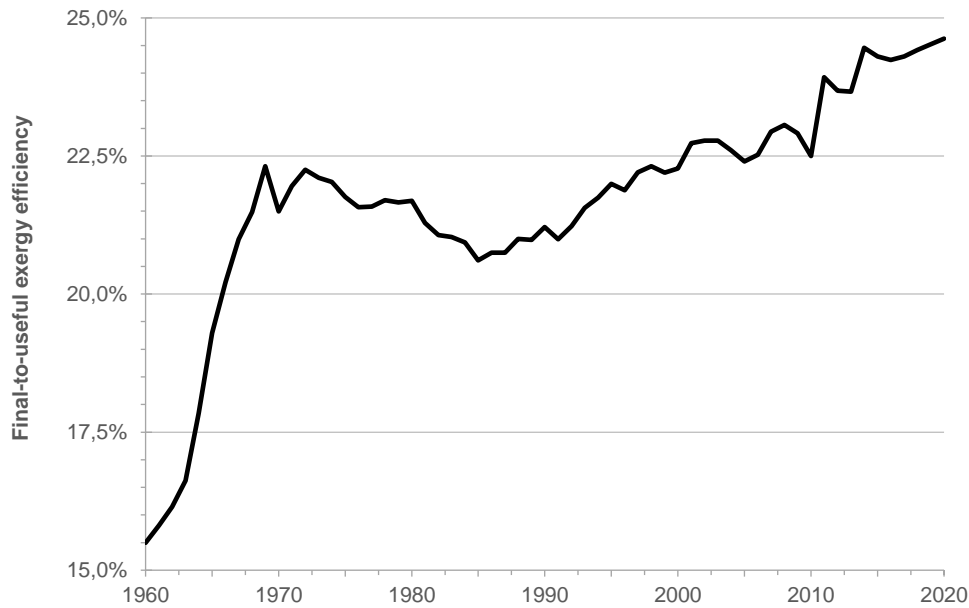


Figure 4. Efficacité thermodynamique du stade final à utile en France (1960-2020). Source : auteurs à partir de données de Marshall et al. (2024)

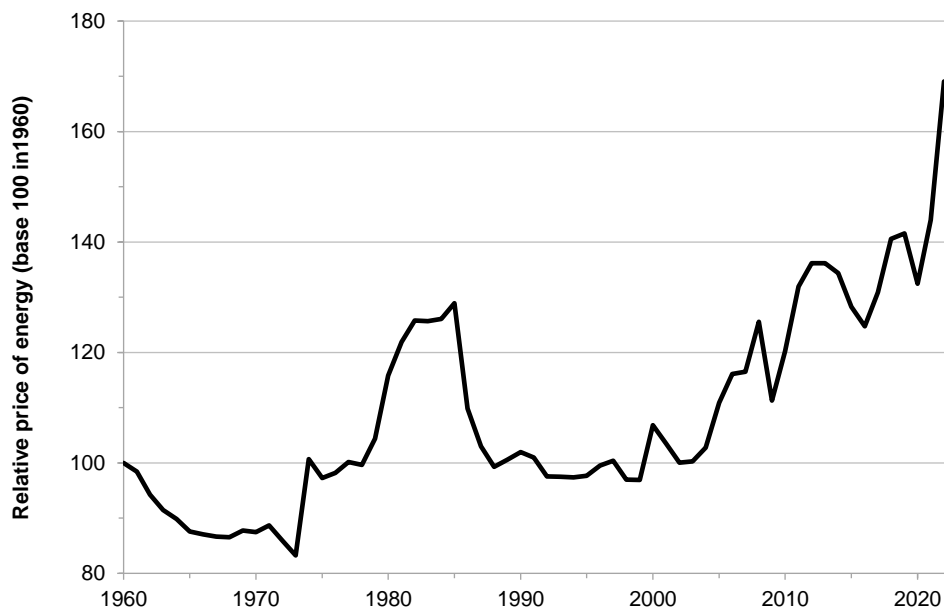


Figure 5. Prix relatif de l'énergie en France (1960-2022). Source : auteurs, à partir des données de Energy - Primary energy supply - OECD Data (2024)

L'augmentation du capital par tête (estimé à partir de l'énergie par tête) et de sa puissance (captée par le stade utile) permet des gains de productivité du travail importants. Ces derniers progressent de 6,2%/an entre 1960 et 1974 (voir figure 6). On retrouve ici une élasticité unitaire entre composition technique du capital (au stade final) et productivité apparente du travail, en accord avec les observations faites par Semeniuk (2016).

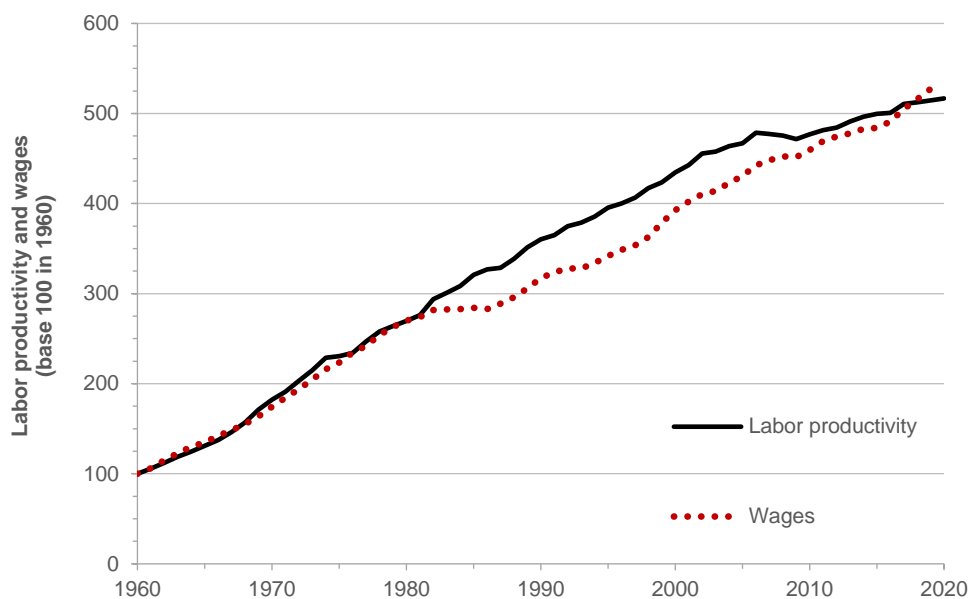


Figure 6. Productivité apparente du travail et salaires réels (en € de 2022) en France (1960-2020). Source : auteurs, à partir des données de l'INSEE (productivité) et Extended Penn World Tables (salaires).

Le taux de profit et ses composantes

Pendant la période, le taux de profit de l'économie se situe à un niveau relativement élevé : il oscille entre 8,8% en 1960 et 7,8% en 1973 (voir figure 7). La baisse n'est pas linéaire puisque le niveau de 1973 est similaire à celui de 1963. Le taux d'exploitation reste globalement stable sur la période, conformément à la régulation fordiste : le rapport entre la masse des profits et la masse salariale est de 31% en 1960 et en 1973. C'est donc l'augmentation relativement faible de la composition organique du capital qui est à l'origine de la légère baisse du taux de profit (-1 point sur la période). En effet, alors que le capital constant représente 3,5 fois la masse salariale en 1960, ce rapport est de 4 en 1973 (une augmentation de 15 %). Cette augmentation est relativement modeste au regard de la progression de la composition technique (+140 % sur la période). Cela montre que les gains de productivité ont été diffusés au secteur des biens d'équipement (baisse de C) et ont servi à augmenter le pouvoir d'achat de la classe salariée (hausse de V, voir figure 7). Ainsi, avec un taux d'exploitation stable et une composition organique qui augmente modestement, le taux de profit se maintient à un niveau élevé et ne perd qu'un point.

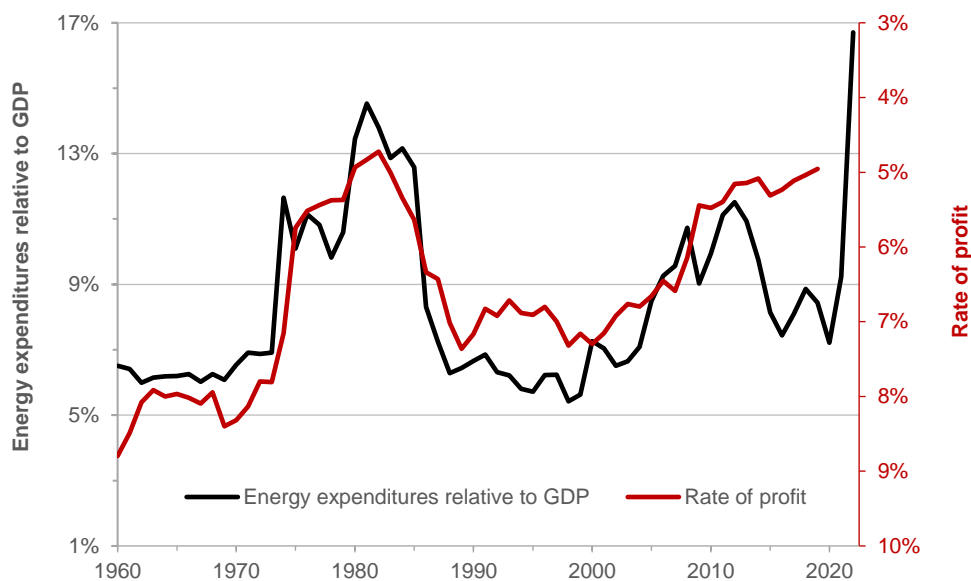


Figure 7. Dépenses énergétiques en pourcentage du PIB et taux de profit en France (1960-2020). Source : auteurs, à partir des données de SDES (2023), INSEE (2023) et Extended Penn World Tables.

Les dépenses énergétiques

Du côté de la demande, la stabilité est également de mise. De 1960 à 1970, le poids des dépenses énergétiques se situe à un niveau historiquement faible, de l'ordre de 6 à 6,5 % du PIB (figure 7). Un retournement s'amorce en 1969 avec une augmentation progressive, pour finalement atteindre 6,9 % du PIB à la veille de premier choc pétrolier. Le poids de l'énergie dans le budget des ménages connaît une évolution similaire. Cette part du budget chute jusqu'en 1964 pour atteindre un minimum sur la période étudiée (proche de 7 %). S'amorce ensuite une hausse progressive. Déjà en 1971, ce poids est de l'ordre de 8,3% du revenu et restera à ce niveau jusqu'en 1973. À la manière du taux de profit, les dépenses énergétiques (DE) peuvent s'analyser comme le produit de trois facteurs :

- la composition technique du capital (E/h),
- le prix relatif de l'énergie (P_e/P),
- l'inverse de la productivité apparente du travail (PIB_r/h).

$$\frac{DE}{PIB_n} = \frac{E}{h} * \frac{P_e}{P} * \frac{h}{PIB_r} \quad (7)$$

Nous avons vu que le prix relatif de l'énergie ne fait que chuter sur 1960-1973 (-17 %). À l'inverse, la composition technique du capital (+6,1 %) et la productivité du travail progresse

au même rythme (+6,2%). Cela explique la dynamique des dépenses énergétiques. Le faible prix de l'énergie permet la progression de l'intensité capitaliste qui, en retour, permet les gains de productivité. La facture énergétique n'augmente pas, du revenu est disponible pour être alloué à de la consommation non énergétique, en l'occurrence, les surplus de production permis par les gains de productivité. Ainsi, les dimensions énergétiques du régime participent à la cohérence de l'accumulation fordiste.

En résumé, le fordisme se caractérise comme un régime où la consommation d'énergie finale ainsi que l'efficacité thermodynamique progresse fortement. L'énergie par heure de travail augmente, reflétant une augmentation de l'intensité capitaliste de la production. Ces gains de productivité sont permis par le fait que le prix réel de l'énergie ne fait que diminuer sur la période. De ce fait, les dépenses énergétiques des ménages et de l'économie nationale augmentent très modestement. L'accumulation peut donc se poursuivre, des débouchés sont assurés, ce dont témoigne la relative stabilité du taux de profit à un niveau élevé. Cependant, ce régime apparaît relativement fragile, il est extrêmement sensible à une augmentation des prix de l'énergie.

3.2. La crise du fordisme (1974-1982) : quel rôle de l'énergie ?

Pour les régulationnistes, l'énergie n'est pas considérée comme la cause de la crise, car la hausse du prix de l'énergie serait postérieure (1974) au ralentissement de la productivité apparente du travail (dès la fin des années 1960, voir figure 6). Cette affirmation peut être contestée à partir de deux arguments.

Tout d'abord, il n'est pas certain que cette temporalité suffise à écarter l'énergie de l'analyse. Comme vu précédemment, d'un point de vue énergétique, 1969 apparaît comme un moment de bascule :

- L'efficacité thermodynamique cesse de progresser ;
- La productivité apparente du travail n'augmente plus aussi vite que la composition technique du capital (au stade final) ;
- Les prix relatifs de l'énergie ne parviennent pas à compenser totalement ce mouvement, de sorte que la facture se met à augmenter dès la fin des années 1960.

Ainsi dès 1969, le régime semble connaître une tendance à l'épuisement de la dynamique vertueuse des années antérieures que le choc pétrolier ne fera qu'exacerber.

Par ailleurs, le caractère exogène du prix de l'énergie mérite d'être posé. Concrètement, il s'agit de savoir si la dynamique du prix de l'énergie est indépendante de la dynamique d'accumulation. Prenons un exemple emprunté à l'économie classique. Chez Ricardo, la dynamique de l'accumulation conduit à mettre de nouvelles terres en culture caractérisées par des rendements marginaux décroissants, ce qui affecte le prix du blé à la hausse. Le prix de l'énergie (ici le blé) est donc bien endogène. Une telle dynamique est-elle à l'œuvre dans les années 70 ?

Pour examiner cette possibilité, l'usage du concept d'EROI est importante. Dans le cas où le prix relatif de l'énergie et l'EROI apparaissent liés, on peut parler d'endogénéité. Or c'est bien ce que l'on observe historiquement, mais avec un décalage temporel qui s'explique par l'inertie du système énergétique fossile, pour des raisons techniques et économiques. Au niveau primaire, l'EROI mondial du pétrole et du gaz a connu son maximum au milieu du XXe siècle, tandis que celui du charbon est encore en croissance aujourd'hui (Court et Fizaine, 2017). Il en résulte que pour l'énergie fossile en général, l'EROI maximum a été atteint à la fin des années 1950 ou au début 1960. Cette dynamique s'exprime aussi par l'atteinte aux États-Unis du pic de production de pétrole conventionnel en 1970. Comme Auzanneau l'a montré, à partir de cette date les acteurs de l'industrie pétrolière étaient conscients du besoin d'avoir un prix du baril plus élevé pour stimuler l'exploration et la production de pétrole dans des zones plus coûteuses à exploiter (Alaska, mer du Nord, etc.). Pour Auzanneau, la guerre du Kippour et l'embargo des pays de l'OPEP sur les exportations de pétrole n'a été qu'un catalyseur d'une dynamique de prix à la hausse inéluctable du fait d'une contrainte sur l'accessibilité de l'énergie fossile. C'est donc bien la dynamique d'accumulation qui a conduit à l'épuisement des gisements fossiles les plus productifs et à une augmentation du prix de l'énergie (en particulier le pétrole), permettant l'extraction de gisements plus coûteux.

Si des signes avant-coureurs sont visibles dès 1969, c'est bien l'évolution du prix relatif de l'énergie à partir de 1974 qui va donner le coup de grâce au fordisme. Une première hausse brutale de 20 % a lieu entre 1973 et 1974 (premier choc pétrolier). Le niveau de prix atteint est alors celui de 1960. S'ensuivra une nouvelle hausse de 30 % entre 1978 et 1985 (second choc pétrolier). Ainsi, en cumulé, le prix réel de l'énergie augmente de 54 % entre 1973 et 1985 (figure 5).

Ces évolutions vont de pair avec une modification de la composition technique du capital. Ici, une divergence entre économie nationale et secteurs productifs est à noter. Pour les secteurs productifs, la composition technique chute de 22 %, surtout à partir de 1978, pour

atteindre un point bas en 1990. On assiste donc à une relative désindustrialisation, ou décapitalisation de la production, timide en 1974 puis durable à partir du second choc pétrolier. Au niveau de l'économie globale, la composition technique ne chute pas : elle continue à augmenter mais à un rythme nettement inférieur à celui connu sous le fordisme. Le rythme annuel est de 0,77 % contre 6,2 % auparavant, une division par 8.

Le productivité apparente du travail connaît elle aussi un ralentissement mais sans commune mesure. Elle perd deux points pour atteindre un rythme de 4 % sur 1970-1980. L'élasticité unitaire observée sous le fordisme disparaît, ce qui interroge sur l'origine des gains de productivité de ce nouveau régime (voir 3.3).

Par construction, le résultat est une explosion des dépenses énergétiques. Au niveau macroéconomique, ces dépenses passent de 8,2 % en 1973 à 11,6 % en 1974 et finalement 13,8 % en 1982. Une augmentation de près de 5 points. Chez les ménages, cette augmentation est moins significative, les dépenses énergétiques passant de 8,3 à 11 % (+3 points). On peut faire l'hypothèse que c'est l'indexation des salaires sur les prix jusqu'en 1983 qui a limité les dégâts. Toujours est-il que cette compression du pouvoir d'achat non énergétique affecte la dynamique de croissance par le biais du canal de la consommation.

Le taux de profit connaît également une dégradation très marquée : il est divisé par deux entre 1974 et 1982. La contribution de la composition organique du capital est très modeste (+12 %) : masse salariale et capital fixe progressent à peu près au même rythme, malgré la quasi-stagnation de la composition technique du capital et l'augmentation de la masse salariale, sous l'effet de l'indexation des salaires sur les prix. Cela suggère une augmentation importante du coût des biens d'équipement. Ainsi, la principale variable expliquant la dynamique du taux de profit est le taux d'exploitation qui s'effondre de 10 points : alors que les profits représentaient 30 % de la masse salariale, ils n'en représentent plus que 20 % en 1982. Les salaires progressent plus vite que les profits des entreprises en raison de l'indexation des salaires sur les prix jusqu'en 1983. Les détenteurs de capitaux ne parviennent pas à répercuter totalement la hausse du prix de l'énergie dans les prix de vente, comme en témoigne l'augmentation du prix relatif de l'énergie (figure 5). Cette moindre rentabilité affecte l'investissement des entreprises résidentes, donc la croissance et la productivité.

Ainsi, le fordisme connaît une crise structurelle dont l'origine énergétique est plus marquée qu'un simple choc exogène. Une contrainte énergétique s'exerce dès 1969, que l'on pense à la stagnation de l'efficacité thermodynamique ou à la diminution de l'accessibilité du pétrole qui se traduit par une augmentation du poids des dépenses énergétiques. Cette dynamique est bien endogène puisque la dynamique des prix de l'énergie provient en partie de

l'effet de la dynamique de l'accumulation sur l'épuisement des ressources fossiles. Le mode de régulation fordiste est inapte à surmonter ces difficultés : l'indexation des salaires nourrit une spirale inflationniste et comprime les profits. L'accumulation ne peut se poursuivre en l'état, un nouveau régime de croissance se reconfigure progressivement : le néolibéralisme.

3.3. L'émergence et la consolidation du néolibéralisme (1982-2000)

Le néolibéralisme permet un dépassement des contradictions identifiées. La poursuite de l'accumulation suppose au préalable une restauration du taux de profit. Une première manière d'obtenir ce résultat consiste à augmenter le taux d'exploitation. La désindexation des salaires sur les prix, opérée en 1983, s'accompagne d'une restauration du taux d'exploitation de 20 à 33 % (figure 8), un niveau légèrement supérieur à 1973. Ainsi la première spécificité de ce régime consiste à rompre le lien qui existait entre progression des salaires et productivité apparente du travail (figure 6).

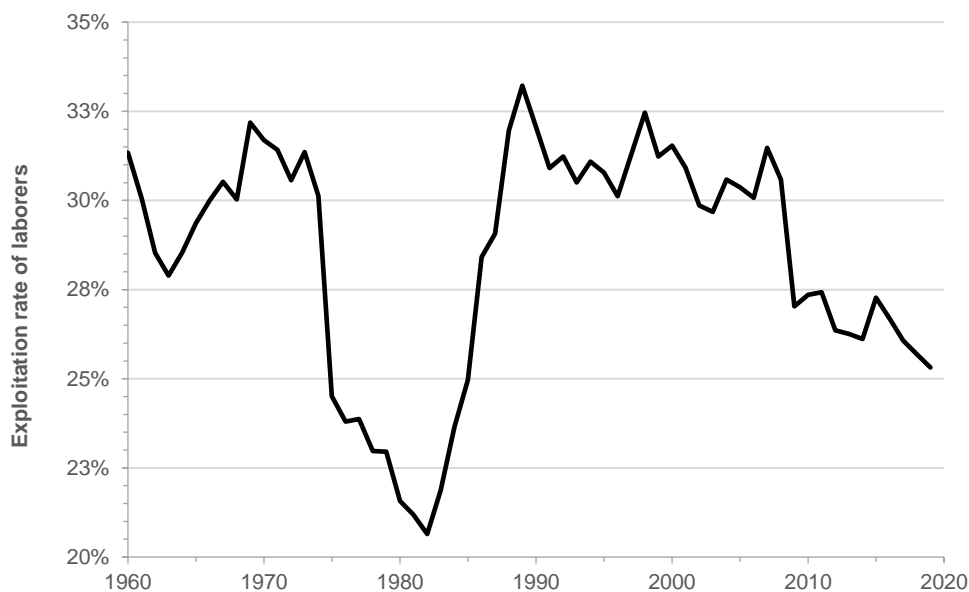


Figure 8. Taux d'exploitation des travailleurs en France (1960-2019). Source : auteurs à partir des données de Basu et al. (2022)

Mais la restauration des profits ne saurait se résumer à une simple modification du partage de la valeur ajoutée. D'importantes reconfigurations productives accompagnent ce mouvement. La productivité continue de progresser tout au long des années 80, de l'ordre de 3 % en moyenne. Cependant, ces gains de productivité ne reposent plus sur une augmentation de la composition technique du capital (EMR au stade final).

Deux explications sont ici possibles. La première est celle relative aux progrès de l'efficacité énergétique : on parviendrait à augmenter la productivité sans augmenter la consommation d'énergie finale par tête, car on utiliserait des machines plus performantes. Cette hypothèse ne résiste pas à l'examen des données, du moins pour la période 1974-1985 où l'efficacité thermodynamique chute de -7 %. Si on suit Serrenho et al. (2014), cette baisse de l'efficacité énergétique indique une délocalisation des industries produisant de la haute température (l'efficacité énergétique de ces procès étant plus importante, leur délocalisation conduit, par effet de composition, à une chute de l'efficacité thermodynamique agrégée). Les gains de productivité sont désormais découplés de l'EMR car la France se repositionne dans la division internationale du travail. Les gains de productivité sont obtenus dans le secteur des services où la productivité est moins corrélée à l'usage d'énergie (Hardt et al., 2021). La base matérielle de l'accumulation ne disparaît pas, mais elle est fortement externalisée. L'analyse des émissions en approche territoriale et en approche consommation est compatible avec cette thèse. En faisant la différence entre les premières et les secondes, on peut observer le contenu en CO₂ de la balance commerciale.

Approche production = Émissions territoriales

Approche consommation = émissions territoriales – émissions exportées + émissions importées (8)

Approche production – approche consommation = solde en CO₂ de la balance commerciale

Plus le solde est négatif, plus le contenu en CO₂ de la balance commerciale est important, plus le pays bénéficie d'un échange écologiquement inégal (Dorninger et al., 2021). En l'occurrence, comme le montre la figure 9, l'échange inégal est croissant pour toute la période postérieure à 1970 avec un net approfondissement à partir de 1984. A partir de 1985, l'efficacité thermodynamique se met à réaugmenter (+30 % sur 1985-1999).

Ce découplage relatif entre gains de productivité et composition technique du capital est essentiel : il permet d'amorcer un allègement du poids des dépenses énergétiques dès 1982, soit quatre ans avant le contre-choc pétrolier de 1986. Le prix relatif de l'énergie augmente en effet jusqu'en 1985 avant de connaître une chute brutale de 23 % pour retrouver le niveau de 1960 (figure 5). Ce n'est que sous l'effet de cette dernière variable que le poids des dépenses énergétiques rejoint son niveau pré-choc (il en va de même pour les ménages). Ce relâchement de la contrainte énergétique favorise la remontée du taux de profit (figure 7).

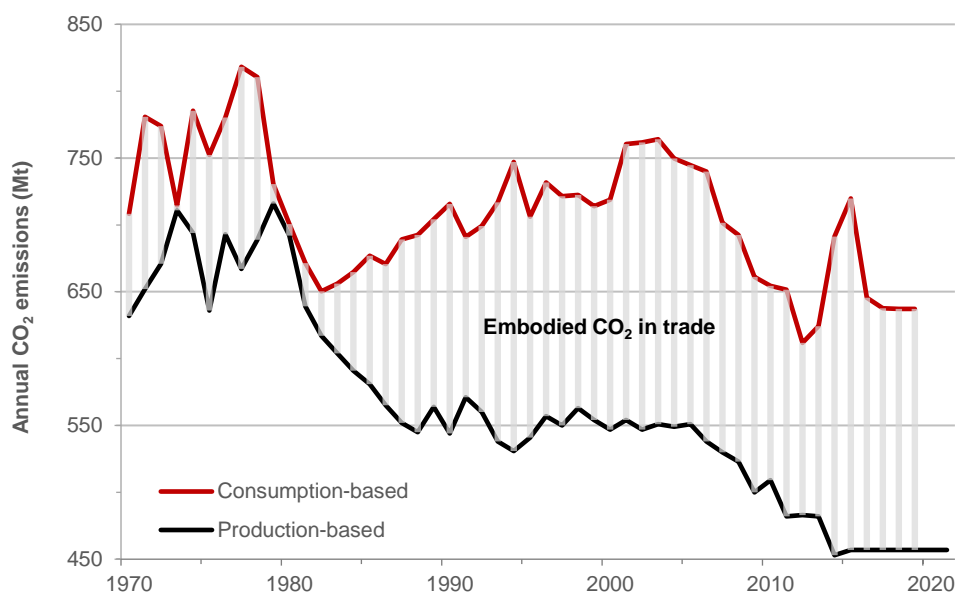


Figure 9. Contenu en CO₂ de la balance commerciale de la France (1970-2021) en millions de tonnes. Source : auteurs, à partir des données Eora.

En définitive, face aux contradictions énergétiques du fordisme, le néolibéralisme offre une planche de salut (temporaire et onéreuse, comme nous le verrons dans la prochaine section). La restauration du taux de profit et la baisse du poids des dépenses énergétiques sont obtenues à partir de 1983, sans que le prix de l'énergie aient encore baissé. Pour y parvenir, les capitalistes français ont agi à deux niveaux :

1. ils ont délocalisé les activités les plus intensives en énergie et développés l'efficacité thermodynamique, parvenant ainsi à découpler la progression de la productivité du travail de la composition technique du capital (au stade final ; le couplage demeure pour le stade utile)
2. ils ont revu, en leur faveur, le partage de ces gains de productivité.

À partir de 1986 et jusqu'au début des années 2000, le retour des prix relatifs de l'énergie à leur niveau de 1960 ne fera que conforter ce régime. En témoigne la relative stabilité du taux de profit et du poids de la facture entre 1988 et 2002.

4. Discussion : le néolibéralisme en phase terminale ?

Au début des années 2000, le néolibéralisme fait de nouveau face à une instabilité de ses conditions énergétiques. À partir de 1999, on observe un nouveau choc de prix : le prix réel

de l'énergie augmente de 46 % en 20 ans (1999-2019) et même de 76 % si on pousse l'analyse jusqu'au contexte particulier de l'année 2022 (voir figure 5). L'intensité de ce choc est comparable à celui de la période 1973-86 (+54 %).

Ce renchérissement du prix de l'énergie affecte la composition technique du capital : comme le montre la figure 3, sa dynamique connaît une franche rupture à partir du début des années 2000 quelle que soit la mesure retenue (stade finale ou utile, au niveau de l'économie nationale ou des seuls secteurs productifs). Par exemple, au stade utile, elle chute de 15 %, indiquant un mouvement important de désindustrialisation. L'entrée de la Chine dans l'OMC et la mise en place de l'euro ont assurément contribué à ce processus. Dans le même temps, la productivité apparente du travail progresse à un rythme de plus en plus faible : 0,9 % sur la décennie 2000, 0,8 % sur la décennie 2010. Ainsi, alors que la première phase du néolibéralisme (1980-1999) se caractérisait par un couplage entre productivité apparente du travail et composition technique au stade utile, à partir 1999, le découplage entre ces variables devient absolu.

Cela n'est toutefois pas suffisant pour contrer l'effet du prix de l'énergie sur le poids des dépenses énergétiques qui augmentent de manière significative : 5,6 % en 1999, 10,7 % en 2008, 11,5 % en 2012, 8,4 % en 2019. Comme pour la période antérieure, le taux de profit connaît une évolution strictement inverse. Après une relative stabilité de 1984 au début des années 2000, le taux de profit enclenche une baisse continue pour atteindre 5 % en 2019, soit une baisse de 2,3 points par rapport à son niveau de l'année 2000. Contrairement au choc des années 1970, les détenteurs de capitaux ne sont, pour l'heure, pas en mesure de faire supporter ce choc aux salaires : le taux d'exploitation reste stable de 2000 à 2010 (autour de 31 %) et connaît même une diminution à partir de 2007 (-6 points). Le plus surprenant est observé du côté de la composition organique du capital qui, malgré la baisse de la composition technique sur la période, augmente de 22 %. Dit autrement, le volume du parc de machines diminue de manière significative, mais son prix est tel que sa valeur augmente relativement aux salaires versés.

Il semblerait donc que le néolibéralisme ait commencé à atteindre un épuisement énergétique seulement 20 ans après sa mise en place, et cet essoufflement paraît pour l'heure, insurmontable. Au milieu des années 80, la désindexation des salaires, l'efficacité énergétique et une relative désindustrialisation avait permis aux détenteurs de capitaux de restaurer le taux de profit, mouvement que le contre-choc pétrolier de 1986 avait conforté. De ce fait, le néolibéralisme a pu exhiber une relative stabilité jusqu'au tournant du troisième millénaire, mais la dynamique est tout autre par la suite. On observe bien cette succession de phases sur la

figure 10. Pendant le fordisme et la première phase du néolibéralisme (jusqu'à 2005), la France est exportatrice nette de biens hors énergie. À l'inverse, depuis 2006, la France est importatrice nette hors énergie. Dit autrement, alors que le solde de biens permettait auparavant de compenser la facture énergétique, ça n'est plus le cas à partir de 2006. Notons d'ailleurs que de 2012 à 2020, l'amélioration de la facture énergétique masque en partie l'ampleur de la désindustrialisation si l'on se contente d'observer la balance commerciale et pas la balance commerciale hors énergie.

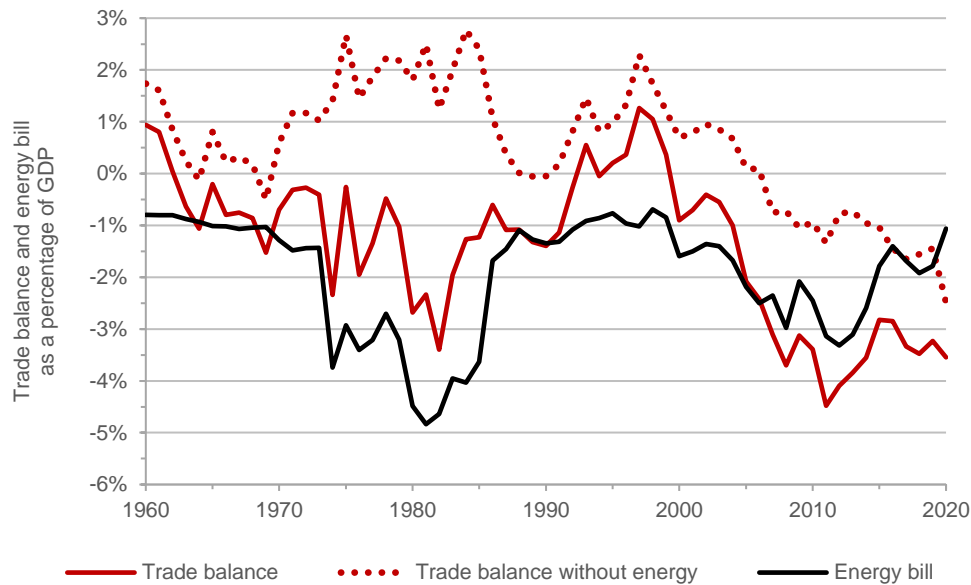


Figure 10. Balance commerciale et facture énergétique de la France (1960-2020) en % du PIB. Source : INSEE (facture énergétique), MacroHistory Database (balance commerciale).

En 2010, faute d'avoir pu faire payer cette dégradation des profits aux salariés comme en 1983, les entreprises ont amorcé un puissant mouvement de délocalisation favorisé par l'intensification de la mondialisation libérale. Les progrès de l'efficacité énergétique (+10% environ entre 2000 et 2022) n'ont pas permis de compenser les incitations créées par la concurrence internationale et le prix de l'énergie élevé. Dans ce contexte, les gouvernements successifs ont eu comme priorité de réduire le coût du travail en France (exonérations de cotisations sociales depuis 1995, CICE, loi travail, gel du point d'indice...) : il s'agit ici d'une stratégie de complaisance vis-à-vis du capital, qui réclame un retour à un taux de profit jugé « normal » et « nécessaire ». Cette stratégie n'a, pour l'heure, pas porté ses fruits : la masse salariale continue de progresser plus vite que les profits de sorte que le taux d'exploitation diminue (voir figure 8). Mais un autre levier est actionné par les gouvernements depuis les années 2000 pour soutenir les taux de profits : les politiques d'aides publiques à destination des

entreprises. Instaurées à partir des années 1980, elles s’envolent à partir des années 2000 et représentent près de 10,2 % du PIB en 2021 soit près de 42% du profit net ! (figure 11). La concomitance avec l’augmentation soutenue du prix relatif de l’énergie est frappante. Cette politique publique a néanmoins été un échec pour tout le monde, capitalistes, comme travailleurs et contribuables. En effet, malgré des volumes considérables, les subventions publiques aux entreprises ont seulement permis de contenir la baisse du taux de profit, sans permettre son redressement. En revanche, la contribution de ces dépenses à la dégradation des finances publiques est indéniable : en 2021, ces aides ont représenté plus 17% des dépenses publiques et plus de 1,5 fois le montant du déficit public (6,5 % du PIB).

Le néolibéralisme est donc un mode de développement qui fonctionne uniquement par la possibilité de maintenir un échange écologique inégal avec le reste du monde et une mise sous perfusion de ses entreprises domestiques, sans que cela suffise à restaurer des taux de profit et de croissance économiques similaires à ceux du fordisme. Le soutien actif des banques centrales aux dettes publiques et privées permet pour l’instant de créer l’illusion d’une soutenabilité de ce régime, mais pour combien de temps encore ?

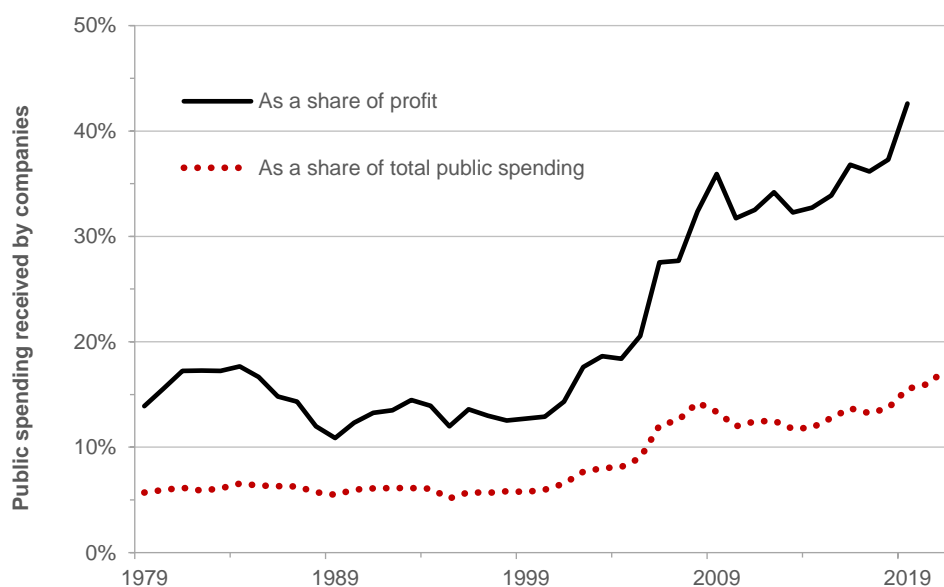


Figure 111. Aides publiques (dont les aides déclassées) reçues par les entreprises en France (1979-2019). Source : auteurs, à partir de Abdelsalam et al. (2022)

Conclusion et perspective : l'énergie au cœur de la crise structurelle du néolibéralisme

Pour les régulationnistes, la mise sous perfusion du système financier par les banques centrales témoigne de l'entrée en crise du néolibéralisme. Cette crise structurelle revêt une dimension énergétique à au moins deux niveaux :

1. Dans sa genèse, l'éclatement de la crise de 2007 est concomitant à l'augmentation des taux par la FED en réponse à une inflation énergétique importée (section 1).
2. L'intervention des banques centrales a été nécessaire au sauvetage de la finance privée mais son rôle est désormais indispensable pour garantir un endettement public et privé croissant qui caractérise le capitalisme néolibéral sous perfusion d'aides publiques. Bien qu'insuffisantes, celles-ci assurent un maintien des taux de profit d'entreprises malmenées par un prix de l'énergie trop élevé (section 4).

On peut évoquer un troisième canal, que Lepetit (2021) a été le premier et le seul, à notre connaissance, à suggérer. En achetant des titres de dette publique, les banques centrales ont conduit du capital privé à se réorienter vers d'autres titres dont ceux de l'industrie pétrolière et gazière. La FED a donc indirectement permis le boom du *shale oil and gas* aux États-Unis et donc, *in fine*, la restauration de l'indépendance énergétique du pays. Néanmoins, ce mouvement n'a pour l'heure pas permis de générer une baisse durable du prix de l'énergie.

À l'heure où nous écrivons ces lignes, les banques centrales sont assurément dans une position inconfortable, tiraillées entre la volonté de lutter contre l'inflation (resserrement de la politique monétaire) et celle de garantir la stabilité financière, qui implique de ne pas abandonner la garantie de la dette publique, ni le soutien indirect au pétrole non conventionnel par l'assouplissement quantitatif. Par ailleurs, face à des taux de profit historiquement faibles, les entreprises ont finalement décidé de mettre les ménages à contribution. Cela n'aura pas échappé aux banques centrales ni au FMI puisque des chercheurs de ces deux institutions estiment que près de la moitié de l'inflation actuelle est désormais tiré par les profits (Hahn, 2023; Zhou et al., 2023)⁹. Les salaires n'étant plus indexés sur les prix, ce sont les salariés qui sont désormais mis à contribution. En l'absence d'une redescende du prix de l'énergie, c'est la soutenabilité sociale du néolibéralisme qui est en jeu.

⁹ Christine Lagarde, présidente de la BCE, n'a pas hésité à relayer publiquement cette information : <https://euobserver.com/green-economy/157196>

Par ailleurs, au-delà de la prise de conscience de l'urgence climatique, on peut aussi voir la transition énergétique comme une nécessité du point de vue même du capital. Les meilleures années du capitalisme fossile sont derrière nous, que ce soit pour les détenteurs de capitaux ou les salariés qui y avait trouvé un certain compromis matériel et social. La mise en place d'une planification écologique pourrait être l'amorce d'une reconfiguration du capitalisme français. Le regain d'autoritarisme actuel, en Europe et ailleurs dans le monde, laisse malheureusement penser que cette mutation du capitalisme vers un nouveau mode de développement post-libéral ou illibéral pourrait se faire au détriment de la démocratie.

Annexe

La crise des *subprimes* de 2007, qui s'est ensuite muée en une Grande Récession, est considérée comme la plus grave crise économique depuis la Seconde Guerre mondiale. Ses causes et conséquences sont multiples et interconnectées. Un élément clé de la crise, bien connu, a été la prolifération de crédits hypothécaires à risque, les *subprimes*, destinés à des emprunteurs à faible solvabilité. Ces crédits étaient souvent assortis de taux d'intérêt variables, augmentant le risque de défaut de paiement. La possibilité d'un octroi excessif de prêts hypothécaires *subprimes* s'explique par un contexte de faible régulation financière, qui a permis aux banques d'élargir leurs critères de prêt pour atteindre un public plus large, tout en mettant au point de nouveaux produits financiers dont les risques étaient difficiles à évaluer (Arner, 2009; Mishkin, 2011). En particulier, la pratique de la titrisation, qui consiste à regrouper des prêts hypothécaires en titres financiers complexes pour former un produit plus liquide, a contribué à la diffusion des risques à travers le système financier puisque la qualité des prêts sous-jacents était camouflée. L'opacité de ces produits financiers structurés, basés sur ces crédits *subprimes*, a grandement contribué à la crise.

La volonté de réaliser rapidement des profits, en titrisant des prêts *subprimes*, a également corrompu les pratiques de gestion des risques des grands conglomérats financiers et les pratiques d'examen du crédit des agences de notation. Les agences de notation ont ainsi attribué des notes élevées à de nombreux produits financiers contenant des prêts *subprimes*, ce qui a trompé les investisseurs sur le niveau de risque réel associé à ces titres (Wilmarth Jr., 2020). La sous-évaluation des risques afférents à ces produits titrisés, combinée à leur très large diffusion dans le système financier, a permis une contagion mondiale rapide de la crise financière débutée aux États-Unis en 2007. Elle a touché des institutions financières en Europe, nécessitant des interventions majeures des États et des banques centrales pour stabiliser le système financier (Jiang et al., 2022). Les réponses politiques à la crise, telles que l'assouplissement quantitatif par les banques centrales et les politiques de soutien budgétaire par les gouvernements, ont eu des résultats mitigés. Aux États-Unis, des politiques massives de soutien ont conduit à une reprise économique relativement rapide tandis que, plus timides et plus éphémères, celles

menées en Europe, n'ont pas réussi à empêcher une autre crise, celle de la dette publique dans la zone euro.

Pour certains auteurs, cette crise s'enracine dans une politique monétaire de la Réserve fédérale américaine très accommodante durant les années 2000, sous la direction d'Alan Greenspan. Cette politique monétaire expansionniste aurait contribué à un environnement de faibles taux d'intérêt, favorisant l'endettement et la prise de risques dans le secteur immobilier et financier (Leamer, 2009; Taylor, 2009, 2007). Cette analyse ne fait toutefois pas l'unanimité puisque plusieurs études économétriques ont montré que la politique monétaire de la Fed avait joué un rôle négligeable dans la mise en place de la bulle immobilière étatsunienne (Dokko et al., 2011; Luciani, 2015).

En somme, la crise des *subprimes* a été le résultat d'une combinaison complexe de facteurs, incluant des pratiques de crédit extrêmement risquées, des innovations financières non maîtrisées, une opacité concernant le risque des actifs financiers, une politique monétaire laxiste et une intégration mondiale qui a facilité la propagation de la crise. Cet épisode a mis en lumière des failles fondamentales dans le système financier mondial, qui n'ont pas été entièrement résorbées et qui laissent donc présager la probabilité forte d'une nouvelle crise (International Monetary Fund, 2023).

Bibliographie

- Abdelsalam, A., Cordonnier, L., Dallery, T., Duwicquet, V., Melmies, J., Nadel, S., Velde, F. van de, Tange, L., Botte, F., 2022. Un capitalisme sous perfusion. Mesure, théories et effets macroéconomiques des aides publiques aux entreprises françaises. Work. Pap., Working Papers.
- Aglietta, M., 1997. Régulation et crises du capitalisme. Odile Jacob, Paris, France.
- Amable, B., 2005. Les cinq capitalismes: diversité des systèmes économiques et sociaux dans la mondialisation. Éditions du Seuil, Paris, France.
- Arner, D.W., 2009. The Global Credit Crisis of 2008: Causes and Consequences.
- Bashmakov, I., 2007. Three laws of energy transitions. Energy Policy 35, 3583–3594.
- Basu, D., Huato, J., Jauregui, J., Wasner, E., 2022. World Profit Rates, 1960-2019. Econ. Dep. Work. Pap. Ser.
- Berner, A., Bruns, S., Moneta, A., Stern, D.I., 2022. Do energy efficiency improvements reduce energy use? Empirical evidence on the economy-wide rebound effect in Europe and the United States. Energy Econ. 110, 105939.
- Boyer, R., 2011. Post-keynésiens et régulationnistes : Une alternative à la crise de l'économie standard ? Rev. Régulation Capital. Inst. Pouvoirs.
- Boyer, R., Chanteau, J.-P., Labrousse, A., Lamarche, T., 2023. Introduction. La théorie de la régulation : analyser un monde qui change, in: Théorie de la régulation, un nouvel état des savoirs, Éco Sup. Dunod, Paris, pp. 1–16.
- Brockway, P.E., Owen, A., Brand-Correa, L.I., Hardt, L., 2019. Estimation of global final-stage energy-return-on-investment for fossil fuels with comparison to renewable energy sources. Nat. Energy 4, 612–621.

- Brockway, P.E., Sorrell, S., Semieniuk, G., Heun, M.K., Court, V., 2021. Energy efficiency and economy-wide rebound effects: A review of the evidence and its implications. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 141, 110781.
- Buchs, A., 2012. Arnaud Buchs, Observer, caractériser et comprendre la pénurie en eau. Une approche institutionnaliste de l'évolution du mode d'usage de l'eau en Espagne et au Maroc. *Rev. Régulation Capital. Inst. Pouvoirs.*
- Cahen-Fourot, L., Durand, C., 2016. La transformation de la relation sociale à l'énergie du fordisme au capitalisme néolibéral. *Rev. Régulation Capital. Inst. Pouvoirs.*
- Cahen-Fourot, L., Magalhães, N., 2023. The accumulation–metabolism nexus: internationalization, labour–capital relations, and material flows of French capitalism since the post-war era. *Socio-Econ. Rev.* mwad062.
- Delannoy, L., Aramendia, E., Longaretti, P.-Y., Prados, E., 2023. Évolution historique et tendancielle de l'EROI du pétrole et du gaz. *Ann. Mines - Responsab. Environ.* 111, 44–49.
- Dokko, J., Doyle, B.M., Kiley, M., Kim, J., Sherlund, S., Sim, J., Van den Heuvel, S., 2011. Monetary policy and the global housing bubble. *Econ. Policy* 26, 237–287.
- Dorning, C., Hornborg, A., Abson, D.J., von Wehrden, H., Schaffartzik, A., Giljum, S., Engler, J.-O., Feller, R.L., Hubacek, K., Wieland, H., 2021. Global patterns of ecologically unequal exchange: Implications for sustainability in the 21st century. *Ecol. Econ.* 179, 106824.
- Elie, L., Zuindeau, B., Bécue, M., Camara, M., Douai, A., Meunié, A., 2012. Approche régulationniste de la diversité des dispositifs institutionnels environnementaux des pays de l'OCDE. *Rev. Régulation Capital. Inst. Pouvoirs.*
- Energy - Primary energy supply - OECD Data [WWW Document], n.d. . theOECD. URL <http://data.oecd.org/energy/primary-energy-supply.htm> (accessed 3.25.24).
- Fizaine, F., Court, V., 2016. Energy expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. *Energy Policy* 95, 172–186.
- Guay-Boutet, C., Dufour, M., 2024. Estimating the relationship between EROI and profitability of oil sands mining, 1997–2016. *Ecol. Econ.* 217, 108072.
- Hahn, E., 2023. How have unit profits contributed to the recent strengthening of euro area domestic price pressures?
- Hall, C.A.S., Balogh, S., Murphy, D.J.R., 2009. What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have? *Energies* 2, 25–47.
- Hamilton, J.D., 2009. Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08. *Brook. Pap. Econ. Act.* 40, 215–283.
- Hardt, L., Barrett, J., Taylor, P.G., Foxon, T.J., 2021. What structural change is needed for a post-growth economy: A framework of analysis and empirical evidence. *Ecol. Econ.* 179, 106845.
- Hardt, L., O'Neill, D.W., 2017. Ecological Macroeconomic Models: Assessing Current Developments. *Ecol. Econ.* 134, 198–211.
- Heun, M.K., de Wit, M., 2012. Energy return on (energy) invested (EROI), oil prices, and energy transitions. *Energy Policy, Strategic Choices for Renewable Energy Investment* 40, 147–158.
- Huber, M., 2013. Fueling Capitalism: Oil, the Regulation Approach, and the Ecology of Capital. *Econ. Geogr.* 89, 171–194.
- Husson, M., 2009. Un capitalisme vert est-il possible? *CONTRETEMPS*. URL <https://www.contretemps.eu/un-capitalisme-vert-est-il-possible/> (accessed 2.5.24).
- International Monetary Fund, 2023. Global Financial Stability Report, October 2023: Financial and Climate Policies for a High-Interest-Rate Era. Washington DC.
- Jiang, H., Tang, S., Li, L., Xu, F., Di, Q., 2022. Re-examining the Contagion Channels of Global Financial Crises: Evidence from the Twelve Years since the US Subprime Crisis. *Res. Int. Bus. Finance* 60.

- Kallis, G., Martinez-Alier, J., Norgaard, R.B., 2009. Paper assets, real debts: An ecological-economic exploration of the global economic crisis. *Crit. Perspect. Int. Bus.* 5, 14–25.
- Kilian, L., 2009. Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *Am. Econ. Rev.* 99, 1053–1069.
- Leamer, E., 2009. Homes and Cars: Why are the Cycles in Homes and Consumer Durables so Similar? *BE J. Econ. Anal. Policy* 9, 1–66.
- Lepetit, M., 2021. Is monetary policy (carbon) neutral? Shift Proj. URL <https://theshiftproject.org/en/article/is-monetary-policy-carbon-neutral/> (accessed 3.27.24).
- Lipietz, A., 2002. Écologie politique régulationniste ou économie de l’environnement ?, in: *Théorie de la régulation, l’état des savoirs, Recherches. La Découverte, Paris*, pp. 350–356.
- Luciani, M., 2015. Monetary Policy and the Housing Market: A Structural Factor Analysis. *J. Appl. Econom.* 30, 199–218.
- Magalhães, N., 2023. Matières à produire l’espace. Une histoire environnementale des grandes infrastructures depuis 1945. *Rev. Régulation Capital. Inst. Pouvoirs*.
- Marshall, Z., Brockway, P.E., Heun, M.K., Aramendia, E., Steenwyk, P., Relph, T., Widjanarko, M., Kim, J., Sainju, A., Franzius, J.I., 2024. A Country-Level Primary-Final-Useful (CL-PFU) energy and exergy database v1.2, 1960-2020.
- Marx, K., 1867. *Le Capital : critique de l’économie politique*. Editions sociales, Paris.
- Mishkin, F.S., 2011. Over the Cliff: From the Subprime to the Global Financial Crisis. *J. Econ. Perspect.* 25, 49–70.
- Murphy, D.J., Hall, C.A.S., 2011. Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1219, 52–72.
- Pellegris, A., 2022. *Le découplage entre la consommation d’énergie et le PIB : questionnements théoriques et évaluations empiriques du rôle de l’énergie dans le processus de croissance économique (These de doctorat)*. Rennes 2.
- Polanyi, K., Malamoud, C., Angeno, M., Dumont, L.P., 2009. *La grande transformation: aux origines politiques et économiques de notre temps*. Gallimard, Paris, France.
- Robinson, J., 1971. *The Accumulation of capital*. MacMillan, London, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d’Irlande du Nord, Etats-Unis d’Amérique.
- Santos, J., Domingos, T., Sousa, T., St. Aubyn, M., 2018. Useful Exergy Is Key in Obtaining Plausible Aggregate Production Functions and Recognizing the Role of Energy in Economic Growth: Portugal 1960–2009. *Ecol. Econ.* 148, 103–120.
- Semieniuk, G., 2016. *Fossil Energy in Economic Growth: A Study of the Energy Direction of Technical Change, 1950-2012*.
- Serrenho, A.C., Sousa, T., Warr, B., Ayres, R.U., Domingos, T., 2014. Decomposition of useful work intensity: The EU (European Union)-15 countries from 1960 to 2009. *Energy* 76, 704–715.
- Taylor, J.B., 2009. *The Financial Crisis and the Policy Responses: An Empirical Analysis of What Went Wrong*. Working Paper Series.
- Taylor, J.B., 2007. *Housing and Monetary Policy*. Working Paper Series.
- Tverberg, G.E., 2012. Oil supply limits and the continuing financial crisis. *Energy* 37, 27–34.
- Zhou, J., Hansen, N.-J.H., Toscani, F.G., 2023. Euro Area Inflation after the Pandemic and Energy Shock: Import Prices, Profits and Wages [WWW Document]. IMF. URL <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/06/23/Euro-Area-Inflation-after-the-Pandemic-and-Energy-Shock-Import-Prices-Profits-and-Wages-534837> (accessed 3.27.24).