The background of the cover is a photograph of a heavily rusted, vintage car, possibly a 1930s model, parked in a field. The car is dark and shows significant signs of decay, with large patches of rust. The sky above is dark and filled with heavy, grey clouds, suggesting an approaching storm. The overall mood is somber and evocative of environmental decay.

PÉTROLE LE DÉCLIN EST PROCHE

MATTHIEU AUZANNEAU
AVEC HORTENSE CHAUVIN

Seuil

Reporterre
le quotidien de l'écologie

Pétrole.
Le déclin est proche

MATTHIEU AUZANNEAU
avec HORTENSE CHAUVIN

Pétrole.
Le déclin est proche

Éditions du Seuil

Ce livre est publié en partenariat entre les Éditions du Seuil
et La Pile, l'association qui édite « Reporterre »,
le quotidien de l'écologie.
Collection dirigée par Hervé Kempf

ISBN 978-2-02-148075-7

© Éditions du Seuil, septembre 2021

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.reporterre.net
www.seuil.com

[...]

Un demi-siècle de déclin des découvertes de pétrole conventionnel

Le symptôme fondamental indiquant que la production de pétrole se trouve proche d'un point

de non-retour réside dans le déclin systématique des découvertes de nouveaux gisements conventionnels.

Le volume des découvertes annuelles est un repère essentiel pour anticiper la production future. Si les découvertes chutent, la production chutera. Le décalage de temps entre l'amorce des deux déclin dépend essentiellement du rythme auquel les nouvelles découvertes sont pompées. C'est principalement l'analyse de ces déterminants qui a permis à Marion King Hubbert de prédire le déclin du pétrole conventionnel aux États-Unis après 1970, puis à Campbell et Laherrère de prédire le pic mondial de 2008.

Le volume annuel des découvertes de pétrole conventionnel ne cesse de diminuer depuis... le milieu des années 1960 ! Pourtant, décennie après décennie, les montants d'investissement n'ont jamais cessé de croître, et plusieurs révolutions scientifiques et technologiques sont advenues entre-temps. Lorsqu'il s'agit d'aller, par exemple, chercher le brut au large du Brésil avec une précision de l'ordre du mètre à dix kilomètres sous la surface des flots (plus que la hauteur de l'Everest), le niveau de sophistication de l'industrie pétrolière n'a rien à envier à celui de l'industrie spatiale.

Les pétroliers sont comme des paysans qui épan-draient sur leurs champs de plus en plus d'engrais toujours plus performants, mais dont les récoltes seraient de plus en plus maigres : sans doute y a-t-il un problème dans le sol.

Cet état de fait est naturel. La Terre est ronde, pas infinie, par conséquent ses ressources sont limitées. Sur le grand arbre fruitier que constituent les réserves globales de brut, les meilleurs fruits mûrs et à portée de main sont depuis longtemps cueillis. Ne restent plus que les fruits gâtés au bout des branches les plus inaccessibles.

Au début du ^{xx}e siècle au Texas, en un temps où la géologie en était à ses premiers pas, les prospecteurs pouvaient découvrir des réservoirs fabuleux en se fondant sur des indices superficiels, comme si un promeneur les yeux bandés trouvait presque au hasard des pommes dans un verger où il serait le premier à pénétrer.

Il y a longtemps que la quête de sources intactes de brut ne se fait plus au petit bonheur la chance. Les pétrogéologues savent désormais très précisément dans quels bassins sédimentaires rechercher des formations susceptibles de recéler encore de l'or noir, et ils disposent d'instruments géophysiques quasi infallibles pour vérifier leurs hypothèses... qui restent ensuite à valider : seul un forage sur quatre ou cinq découvre des hydrocarbures méritant économiquement d'être exploités. Rares sont les lieux sur terre (et en mer) qui n'ont pas déjà été systématiquement prospectés, souvent à plusieurs reprises. Les taux de succès des forages sont en déclin ; pour les forages à terre, l'année 2020 a été marquée par le pire taux jamais enregistré⁵. Certaines parties de l'océan

Arctique et les plus grandes profondeurs sont à peu près les seules zones à pouvoir encore réserver des surprises. Mais il sera compliqué d'aller cueillir ces fruits-là. Plusieurs grandes compagnies, dont Total et Shell, ont tout simplement renoncé à aller chercher du pétrole sous la banquise, tout autant à cause du risque industriel encouru pour des plateformes valant des milliards de dollars, que pour des raisons éthiques d'affichage.

Le déclin systématique des découvertes n'est pas un secret : au sein de l'industrie du pétrole, c'est un état de fait, ancien qui plus est. C'est pourquoi les pronostics les plus alarmistes sur la question du pic pétrolier sont dus... à des pétroliers, souvent très expérimentés et « rangés des voitures », autrement dit n'ayant plus de comptes à rendre à leurs employeurs⁶.

Non seulement les découvertes annuelles de pétrole conventionnel s'amenuisent depuis des décennies (les résultats des campagnes de prospection des années 2010 ayant battu tous les records de médiocrité, malgré des montants d'investissement sans précédent), mais ces découvertes sont éparpillées dans des champs qui ont tendance à être de plus en plus petits et de plus en plus fragmentés. Les nouveaux champs découverts tendent également à être situés toujours plus loin au large et à grande profondeur, ou à contenir les formes de brut les moins recherchées par les raffineurs (pétroles contenant beaucoup de

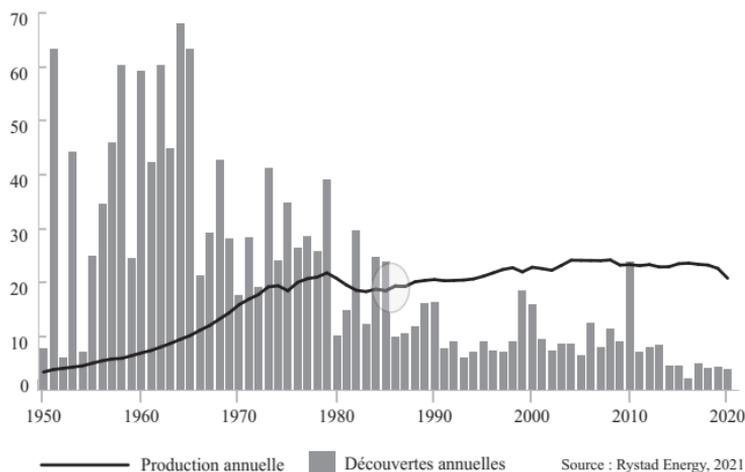
soufre, pétroles lourds ou au contraire trop légers). Ces tendances, à nouveau systématiques, sont nettement visibles dans les chiffres depuis au moins un quart de siècle⁷. C'est à la fin des années 1990 que les pétroliers ont commencé à évoquer couramment, et comme une évidence, « la fin du pétrole facile », une expression rendue célèbre par le patron de Mobil en 1999, un an après la prédiction du pic conventionnel de Campbell et Laherrère.

Au total, depuis l'époque de la série télévisée *Dallas*, l'humanité consomme chaque année plus de pétrole qu'elle n'en découvre : les courbes de découvertes et de production annuelles de pétrole conventionnel se sont croisées au milieu des années 1980, et tendent à s'écarter toujours davantage : voilà plus de trente-cinq ans que nous vidons ce stock plus rapidement que nous ne sommes capables de le reconstituer.

En dépit du déclin des découvertes de pétrole conventionnel, on entend souvent dire que les réserves de pétrole augmentent. C'est ce que conduisent à croire les documents publiquement disponibles⁸. Sauf qu'il y a tromperie sur la marchandise, ou à tout le moins vice de forme. Ce montant effectivement croissant des réserves auquel il est la plupart du temps fait référence n'est pas celui des réserves techniques « 2P », définies comme « prouvées et probables », auquel l'industrie pétrolière a recours. Il s'agit du montant de réserves déclaratives « 1P », dites « prouvées ».

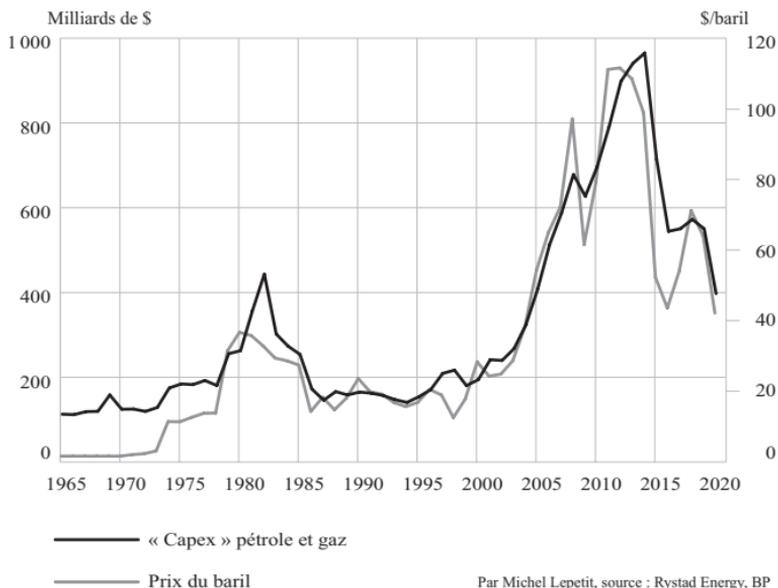
**L'écart croissant entre production et découvertes annuelles :
des « récoltes » de plus en plus mauvaises...**

Production et découvertes de pétrole conventionnel (milliards de barils)



... malgré toujours plus d'« engrais »

Investissements dans le développement de la production d'hydrocarbures (Capex), 1965-2019



Ce second agrégat se révèle trompeur, en particulier pour ce qui concerne le montant des réserves que mettent en avant les membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole, l'Opep. Ces États souverains inscrivent chaque année dans un document officiel un montant de réserves que nul ne peut aller vérifier, et qu'aucune organisation internationale – pas même l'AIE, censée représenter les intérêts des pays consommateurs de brut – ne s'offre le luxe de mettre ouvertement en question.

La piètre fiabilité de ces chiffres officiels n'en est pas moins un secret de Polichinelle au sein du monde pétrolier. De tous les mensonges diplomatiques, c'est sans doute l'un de ceux dont les implications sont les plus lourdes. Le montant des réserves « 1P » que déclarent les pays producteurs répond bien souvent davantage à des impératifs politiques qu'à des réalités géologiques. Saddam Hussein a ainsi pu affirmer officiellement durant près d'une décennie que les réserves de l'Irak s'élevaient à « 100,0 » milliards de barils de réserves. Tout rond. Le montant des réserves déclarées par l'Arabie Saoudite, tout aussi invérifiable, est maintenu à peu près constant depuis plusieurs décennies, en dépit, d'une part, de l'absence de nouvelles découvertes significatives et, d'autre part, du brut tiré chaque jour des puits du royaume. Depuis l'an 2000, la plus importante hausse, et de loin, des réserves déclaratives « 1P » correspond au montant des réserves de pétrole extra-lourd du Venezuela,

avancé par le régime d'Hugo Chávez : des réserves connues depuis les années 1930, exploitées depuis des décennies, et, de ce fait, largement intégrées depuis tout aussi longtemps dans le montant des réserves techniques « 2P ».

Ce sont hélas ces chiffres de réserves déclaratives que l'on trouve dans les documents libres d'accès qu'utilise la presse... mais pas les pétroliers. Ceux-ci ont recours, pour connaître l'état réel des réserves mondiales, à des sociétés d'intelligence économique spécialisées (IHS Markit, Wood Mackenzie, Rystad Energy), lesquelles font payer fort cher l'accès à leurs bases de données confidentielles*. Ces agences de renseignement privées fournissent le montant des réserves non pas déclaratives mais techniques, en particulier les réserves « 2P », dites « prouvées et probables », que les pétroliers considèrent comme le reflet le plus fidèle de l'état du stock mondial de brut. Par définition, le montant de ces réserves « prouvées et probables » devrait être supérieur à celui des réserves déclaratives « 1P », dites « prouvées ». Sauf qu'il n'en est rien. Qu'il s'agisse de pétrole conventionnel ou de

* La licence acquise à des conditions exceptionnelles par The Shift Project en 2020 auprès de Rystad Energy constitue une occasion sans doute sans précédent pour une organisation non gouvernementale d'accéder à une base de données professionnelle sur les hydrocarbures ; cette opportunité est à l'origine du présent ouvrage, constituant la matière première principale de nombre de chiffres et de graphiques inédits qui y figurent.

l'ensemble des carburants liquides fossiles, le montant des réserves techniques « 2P » décline depuis le milieu des années 1980. Et c'est logique, puisque, année après année, voilà trente-cinq ans que nous avons tendance à consommer toujours plus de pétrole que nous n'en découvrons.

Face à une production totale qui a poursuivi sa croissance, le déclin des réserves restantes de toutes les formes de pétrole s'est accentué depuis 2008, à mesure que les limites atteintes par le conventionnel ont conduit à puiser en priorité dans les réserves accessibles de pétrole non conventionnel, lesquelles demeurent limitées. En 2020, d'après Rystad Energy, le niveau des réserves restantes « prouvées et probables » de l'ensemble des formes de carburants liquides fossiles est égal au niveau de 1964. Le niveau des réserves restantes du seul pétrole conventionnel est quant à lui égal à celui de 1960. Il n'y a pas là une bien grande différence.

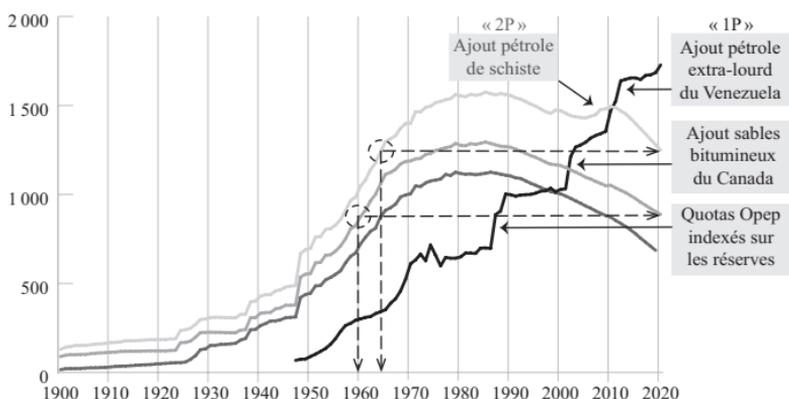
Le début des années 1960 correspond précisément au pic des découvertes conventionnelles. À l'époque, le jerrican était rempli beaucoup plus vite qu'il n'était vidé. Aujourd'hui, c'est l'inverse. Nous consommons trois fois plus de pétrole qu'en 1960. Nous découvrons en moyenne sept fois moins de pétrole conventionnel.

La mauvaise compréhension de la question du pic pétrolier tient pour beaucoup à une double asymétrie d'accès à l'information : entre pétroliers et non-pétroliers, d'une part, entre la question des

réserves et celle du climat, d'autre part. L'état précis des réserves mondiales de pétrole est largement couvert par le secret commercial. Il constitue même pour l'essentiel un secret d'État, que seul un long travail coûteux, parfois risqué, permet de lever en partie. C'est là une différence fondamentale avec les données sur le risque climatique, car l'air, contrairement au pétrole, n'appartient à personne.

Réserves : les données officielles augmentent, les données techniques déclinent

Réserves mondiales restantes de pétrole, 1900-2020 (milliards de barils)



Réserves restantes déclaratives « 1P » « prouvées »

— Pétroles conventionnel et non conventionnels. Source : EIA/Oil & Gas Journal

Réserves restantes techniques « 2P » « prouvées et probables »

— Pétroles conventionnel et non conventionnels. Source : Rystad Energy, 2020

— Pétrole conventionnel. Source : Rystad Energy, 2020

— Pétrole conventionnel. Source : Jean Laherrère 2020 (Petroconsultants, IHS, USDOE, CAPP, API)

NB : Ces trois séries sont « backdatées », c'est-à-dire que le volume total des découvertes passées a été réévalué et réajusté au fil du temps.

Le ratio réserves sur production (« R/P »), censé traduire en nombre d'années l'état des réserves

restantes de brut, est également une source récurrente d'illusions reconfortantes. En 2020, la compagnie BP (British Petroleum) indique par exemple que, compte tenu des réserves mondiales de pétrole, l'humanité disposerait encore, à production égale, de « 49,9 » années de production⁹. Ce ratio lénifiant est doublement trompeur pour un lecteur non averti. D'abord il est fondé sur le montant des réserves « prouvées » déclaratives « 1P », dont on vient de voir combien il est sujet à caution. Ensuite, ce ratio suggère que la production mondiale pourrait être maintenue constante avant de s'arrêter d'un seul coup à la dernière goutte. C'est là une vue de l'esprit, qui ignore qu'un puits ou un champ connaissent toujours une phase de déclin avant d'arriver à épuisement. Un autre ratio, auquel les pétroliers ont beaucoup plus volontiers recours, est le taux de remplacement des ressources, c'est-à-dire le rapport entre production et nouvelles découvertes. Il n'a jamais été aussi bas qu'aujourd'hui¹⁰.

Au reste, le problème posé n'est pas celui de l'épuisement final, celui de la dernière goutte, mais bien celui de la phase de tarissement qui précédera : une longue phase de sevrage, qui durera des décennies, et qui sera subie à moins d'être anticipée. Comme le chantait Jacques Brel : « Mourir, la belle affaire, mais vieillir, ô vieillir... »

[...]

Le pétrole de schiste est-il une planche de salut pourrie ?

La question posée ici n'est pas celle de l'avenir du pétrole de schiste, mais celle plus large de la capacité de cette forme de pétrole non conventionnel à contrebalancer le déclin des champs de pétrole conventionnel matures.

L'Agence internationale de l'énergie a prévenu dans le « Résumé aux décideurs » de son rapport annuel 2018 : « Le risque de resserrement de l'offre est particulièrement prégnant pour le pétrole. [...] Le nombre moyen de nouveaux projets de production de pétrole

conventionnel ne représente que la moitié du volume nécessaire pour équilibrer le marché [...]. Il est peu probable que le pétrole de schiste prenne le relais à lui seul. Nos projections prévoient déjà un doublement de l'offre de pétrole de schiste américain d'ici 2025, mais celle-ci devrait plus que tripler pour compenser le manque persistant de nouveaux projets classiques. »

Lorsque l'AIE a émis cet avertissement, la production de pétrole de schiste était de 11,3 Mb/j. Elle a atteint 13,4 Mb/j en 2019, année où sa croissance a marqué le pas, à cause du coup de frein sur les investissements. À l'heure où ces lignes sont écrites, début 2021, nul ne sait dans quel état l'industrie du *fracking* sortira de la crise du Covid amorcée début 2020. Le plus probable est que les opérateurs de *tight oil* continueront à tenter d'assainir leurs finances, plutôt qu'à privilégier la croissance à tout crin de leurs extractions. L'avenir du pétrole de schiste appartient peut-être aux *majors* américaines, Exxon et Chevron, qui ont semblé contraintes en 2018 de prendre le risque de perdre de l'argent avec le *fracking*, face à leurs difficultés croissantes, depuis les années 2000, à stopper l'hémorragie sur le conventionnel – à cause de l'accumulation de champs en déclin, et par manque de découvertes nouvelles. En 2020, les trois sources de référence, Washington, l'Opep et l'AIE, tablaient sur une croissance ralentie de la production américaine de pétrole de schiste jusqu'en 2025, puis sur une relative stagnation après cette date.

Outre ses limites économiques, le pétrole de schiste rencontre également des limites géologiques. Même si ces limites restent encore mal connues, certains indices trahissent des symptômes préoccupants. Plusieurs zones d'extraction originelles, relativement mineures, déclinent déjà depuis plusieurs années. En outre, dès avant la crise, l'AIE s'attendait à voir quatre des cinq zones américaines majeures, notamment celle du Dakota du Nord, entrer en déclin dès 2021⁷. Toute la croissance américaine future reposerait dès lors seulement sur le champ numéro 1, le Permien texan.

Depuis la crise du Covid, du côté de l'industrie américaine nul ne pavoise : dans un sondage publié par la Banque centrale de Dallas en septembre 2020, deux tiers des dirigeants d'entreprises énergétiques interrogés jugeaient que la production de pétrole américaine avait atteint un pic⁸. Parmi les nombreux sceptiques estimant que le niveau de production d'avant la pandémie ne pourra jamais être retrouvé figure le patron de l'un des plus importants producteurs de pétrole de schiste, la vieille et prestigieuse compagnie Occidental Petroleum⁹.

Rystad Energy est l'une des rares sources considérant que le *tight oil* peut continuer à fortement croître après la crise. La société norvégienne envisage une reprise de la croissance de la production jusqu'à un pic aux États-Unis peu après 2030, avant que d'autres pays ne prennent le relais (essentiellement le Canada et l'Argentine, hypothétiquement rejoints

par la Chine, le Pakistan, l'Inde, la Russie ou encore le Mexique), afin de maintenir à environ 20 Mb/j la production totale. Ce niveau reste loin du triplement de la production que l'AIE jugeait indispensable en 2018 pour éviter un « resserrement de l'offre » globale de pétrole à l'horizon 2025 – c'est-à-dire « un », si ce n'est « le », pic pétrolier. Quoi qu'il en soit, à 20 Mb/j, on est loin du niveau de déclin de la production existante d'ici à 2030 : un tiers de la production existante en 2019, soit quelque 30 Mb/j.

Les médias économiques les plus prestigieux parlaient beaucoup du pic pétrolier dans les années 2000. Puis l'essor du pétrole de schiste a semblé rendre la question sans objet, au point que la confirmation du franchissement du pic conventionnel en 2008 n'a pratiquement pas été relevé. Et maintenant ? Deux faits sont certains : premièrement, le boum du pétrole de schiste a permis de repousser d'une décennie au moins le spectre du pic pétrolier ; ensuite, durant la décennie qui commence, la baignoire de pétrole dans laquelle nous flottons tous continuera de se vider.

[...]

[...]

La « relation compacte » entre pétrole et croissance

En quoi sommes-nous si vulnérables face à l'amorce d'un sevrage forcé de notre première source d'énergie ?

Il est facile d'ignorer l'importance du pétrole, et donc les conséquences d'un possible déclin de sa production. Après tout, en tant qu'individus, nous ne sommes pour la plupart en contact direct avec lui qu'en faisant le plein de la voiture ou, éventuellement, celui de la cuve à fioul. Le pétrole n'en est pas moins omniprésent : il est aujourd'hui derrière (et souvent

dans) chaque objet, chaque aliment, chaque transaction économique.

Beaucoup moins de pétrole, cela signifie beaucoup moins de supermarchés avec beaucoup moins de choses dedans : de vêtements, d'objets électroniques, mais aussi de légumes, de viandes, de pâtes alimentaires, d'huile et même de sel, lesquels aujourd'hui viennent presque toujours de fort loin. Cela veut dire globalement moins de matières premières dépendantes de flux logistiques rapides et à longue portée : minerais de fer indien, ou encore cuivre et lithium chilien, bauxite d'Australie, cobalt et coltan congolais, terres rares chinoises. Parce qu'il permet leur extraction massive, le pétrole est la mère de toutes les matières premières : le pic pétrolier signifie probablement un pic de presque tout¹.

Outre sa domination toujours quasi absolue dans les transports terrestres, maritimes et aériens, le pétrole est utilisé dans une infinité de processus chimiques. Près d'un quart du pétrole consommé dans le monde l'est par l'industrie, soit comme matière première *via* la pétrochimie, soit comme combustible². Bien souvent, les matériaux transformés sont eux-mêmes produits grâce au pétrole, ou à base de pétrole, et bien souvent les deux à la fois. C'est notamment le cas dans le secteur de la construction et dans l'industrie pharmaceutique. Un très grand nombre de revêtements, de médicaments ou de produits cosmétiques contiennent des molécules issues d'hydrocarbures.

Le pétrole reste incontournable dans la production des plastiques, du kevlar et des matériaux composites grâce auxquels sont construites, par exemple, les éoliennes. Semelles de chaussures, ordinateurs, tables, emballages, stylos, gobelets : à bien regarder autour de soi, rares sont les objets qui n'ont pas été fabriqués et acheminés grâce au pétrole.

Sous une forme stable et aisément mobilisable, l'énergie contenue dans un réservoir de cinquante litres d'essence recèle l'équivalent de la force physique que pourraient fournir un millier d'hommes en pleine santé, au cours d'une très longue journée de travail. Les énergies fossiles en général et le pétrole en particulier procurent à chacun des milliers d'« esclaves énergétiques ». Elles ont permis de démultiplier la productivité du travail, accroissant prodigieusement la quantité de richesses que nous sommes capables de mobiliser.

Avant l'avènement de l'agriculture moderne, des centaines de bras étaient nécessaires là où désormais une seule moissonneuse-batteuse suffit. Grâce au pétrole, les enfants peuvent consacrer leurs vacances d'été ailleurs qu'aux champs. Les agronomes ont pris l'habitude d'expliquer que « nous mangeons du pétrole ». Sans lui, il serait bien plus difficile d'exploiter les mines de potasse et de phosphore qui fournissent la plupart des engrais chimiques, ou de faire tourner les groupes électrogènes qui permettent de pomper l'eau un peu partout en Afrique ou en

Inde. La mécanisation de l'agriculture, facteur primordial de l'explosion démographique de la seconde moitié du ^{xx}e siècle, a de bout en bout été affaire de pétrole. En les libérant de bien des tâches pénibles, le pétrole a offert aux humains du temps libre, et permis, de ce fait, l'essor de l'économie des services et du loisir. L'essentiel du mode de vie contemporain repose sur l'abondance énergétique offerte par l'or noir.

À l'entrée du musée du pétrole de Daqing, en Chine (la découverte du pétrole a joué un rôle décisif dans le développement de l'économie chinoise), est inscrite la phrase suivante : « Le pétrole a une relation compacte avec la puissance politique, économique et militaire d'un pays³. » Cela va de soi. Le pétrole constitue un stock d'énergie, le plus commode à notre disposition. Et la puissance – on perd presque toujours de vue cette égalité fondamentale lorsqu'il s'agit d'affaires humaines – n'est que le rapport d'une énergie sur une durée, la réalisation d'un potentiel énergétique au cours du temps : un watt égale un joule par seconde.

Cette « relation compacte » se lit à travers les données économiques historiques, dans le lien entre énergie et produit intérieur brut (PIB), un lien dont la stabilité ne connaît guère d'équivalent parmi les turbulentes affaires économiques. Depuis l'après-guerre, la création de richesse a réclamé une quantité quasiment prédictible de pétrole. De fait, si

l'on place sur un graphique la production annuelle de pétrole depuis 1950 en abscisse (en « x ») et le produit économique mondial correspondant en ordonnée (en « y »), le résultat ressemble fort à ce que les mathématiciens appellent une « fonction affine par morceaux » continue et presque parfaite⁴. La relation entre croissance de la production pétrolière mondiale et croissance de l'économie mondiale est décrite par deux segments de quasi droites, deux grands régimes de proportionnalité : celui des Trente Glorieuses de 1950 à 1973, puis celui de ce que l'on peut appeler (pourquoi pas ?) du Nouvel Ordre mondial, cher au président américain George Bush père, de 1983 à 2019. Entre les deux périodes, une grande turbulence, qui marque la mi-temps de l'histoire économique moderne : les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979. De l'une à l'autre période s'est produite la seule transition énergétique qui soit advenue de façon visible à l'échelle globale depuis que le pétrole a pris le pas sur le charbon : le renoncement aux usages du pétrole les plus dispendieux, notamment le recours au fioul pour générer de l'électricité et, dans une moindre mesure, pour chauffer. Depuis cette transition remarquable des années 1970, laquelle a donné l'essor du nucléaire et surtout du gaz naturel (petit frère du pétrole), fabriquer un point de croissance économique demande juste un petit peu moins de barils de brut⁵...

TABLE

Avertissement	7
1. « Pic pétrolier », les symptômes d'un mal inexorable.	9
Toute ressource limitée finit par décliner	17
Les différentes formes du déclin de la production.	20
Un demi-siècle de déclin des découvertes de pétrole conventionnel.	25
La plus grande partie de la production est parvenue à maturité	36
2. Le déclin, maintenant ou plus tard : les pétroles non conventionnels à la rescousse ?	41
Les agrocarburants ne poussent pas jusqu'au ciel	42

La lourde croissance des pétroles lourds	45
Le boum incertain du pétrole de schiste	47
L'argent facile a suscité le boum du pétrole de schiste	50
Le pétrole de schiste est-il une planche de salut pourrie ?	56
Un pic pétrolier envisagé au cours des années prochaines	59
Le pic pétrolier ne sauvera pas notre climat.	65
3. Concevoir les implications d'un danger plausible : des économies de guerre ?	69
La « relation compacte » entre pétrole et croissance	70
Des luttes de puissance	75
2008, première crise économique globale des « limites à la croissance » ?	81
Du pic pétrolier aux drames de la Syrie et d'ailleurs	89
Afrique, Asie, Russie et Europe en première ligne face aux déclinés en cours	97
4. Par la force des choses	107
Concevoir l'économie comme un phénomène physique parmi d'autres	
Notes bibliographiques	131
Remerciements	137