

I. DE LA PRODUCTION DE MASSE A LA CONSOMMATION DE MASSE.

A. L'accumulation du capital au fondement du modèle « capitaliste ».

1. La suraccumulation du capital et la sous-consommation ouvrière chez Marx.

1.1. La différence entre la valeur d'usage et la valeur d'échange du travail au cœur du mécanisme de l'exploitation.

1.2. L'aliénation et le fétichisme de la marchandise.

1.3. L'exacerbation de la lutte des classes et les contradictions du capitalisme.

2. L'ascétisme calviniste au service de l'accumulation dans l'analyse de Max Weber.

B. La diffusion d'un modèle économique centré sur la consommation.

1. De la production à la consommation de masse.

2. Moyennisation et diffusion des normes de consommation.

2.1. Moyennisation et égalisation des conditions de vie.

2.2. Dynamique de rattrapage et société de consommation.

2.3. Publicité et hyperconsommation.

3. Le maintien des disparités de consommation entre groupes sociaux.

3.1. Consommation ostentatoire et distinctive.

3.2. La hausse de la frustration relative et le paradoxe d'Easterlin.

II. LES LIMITES ECOLOGIQUES DE LA CONSOMMATION.

A. Les mutations des modes de consommation.

1. La consommation engagée ou responsable.

2. La consommation collaborative.

B. Les mutations des modes de production.

1. Penser une production durable.

1.1. L'économie circulaire.

1.2. La production *low tech*.

2. L'économie sociale et solidaire.

3. Transition et planification écologique.

Document 1. Travail nécessaire et surtravail.

En achetant la force de travail de l'ouvrier et en la payant à sa valeur, le capitaliste, comme tout autre acheteur, a acquis le droit de consommer la marchandise qu'il a achetée ou d'en user. On consomme la force de travail d'un homme ou on l'utilise en le faisant travailler, tout comme on consomme une machine ou on l'utilise en la faisant fonctionner. Par l'achat de la valeur journalière ou hebdomadaire de la force de travail de l'ouvrier, le capitaliste a donc acquis le droit de se servir de cette force, de la faire travailler pendant *toute la journée ou toute la semaine*.

(...) La *valeur* de la force de travail est déterminée par la quantité de travail nécessaire à son entretien ou à sa reproduction, mais *l'usage* de cette force de travail n'est limité que par l'énergie agissante et la force physique de l'ouvrier. La *valeur* journalière ou hebdomadaire de la force de travail est tout à fait différente de l'exercice journalier ou hebdomadaire de cette force, tout comme la nourriture dont un cheval a besoin et le temps qu'il peut porter son cavalier sont deux choses tout à fait distinctes. La quantité de travail qui limite la *valeur* de la force de travail de l'ouvrier ne constitue en aucun cas la limite de la quantité de travail que peut exécuter sa force de travail.

Prenons l'exemple de notre ouvrier fileur. Nous avons vu que pour renouveler journallement sa force de travail, il lui faut créer une valeur journalière de 3 shillings, ce qu'il réalise par son travail journalier de 6 heures. Mais cela ne le rend pas incapable de travailler journallement 10 à 12 heures ou davantage.

En payant la *valeur* journalière ou hebdomadaire de la force de travail de l'ouvrier fileur, le capitaliste s'est acquis le droit de se servir de celle-ci pendant *toute la journée ou toute la semaine*. Il le fera donc travailler, mettons, 12 heures par jour. *En sus et au surplus* des 6 heures qui lui sont nécessaires pour produire l'équivalent de son salaire, c'est-à-dire de la valeur de sa force de travail, le fileur devra donc travailler 6 *autres heures* que j'appellerai les heures de *surtravail*, lequel surtravail se réalisera en une *plus-value* et un *surproduit*. Si notre ouvrier fileur, par exemple, au moyen de son travail journalier de 6 heures, ajoute au coton une valeur de 3 shillings qui forme l'équivalent exact de son salaire, il ajoutera au coton en 12 heures une valeur de 6 shillings et produira un *surplus correspondant de filé*. Comme il a vendu sa force de travail au capitaliste, la valeur totale, c'est-à-dire le produit qu'il a créé, appartient au capitaliste qui est, pour un temps déterminé, propriétaire de sa force de travail.

En déboursant 3 shillings, le capitaliste va donc réaliser une valeur de 6 shillings puisque, en déboursant la valeur dans laquelle sont cristallisées 6 heures de travail, il recevra, en retour, une valeur dans laquelle sont cristallisées 12 heures de travail. (...) C'est sur cette sorte *d'échange entre le capital et le travail* qu'est fondée la production capitaliste, c'est-à-dire le salariat.

Karl MARX, *Salaire, prix et profit*, 1865.

Questions

1. Si la journée de travail est de 12h et que 6h créent une valeur égale au salaire permettant de reproduire la force de travail, comment est répartie la richesse créée par les travailleurs ?
2. Qu'est-ce que le "travail nécessaire" ? Le "surtravail" ?

Document 2. Le processus d'accumulation du capital.

Le capitaliste n'a aucune valeur historique, aucun droit historique à la vie, aucune raison d'être sociale, qu'autant qu'il fonctionne comme capital personnifié. Ce n'est qu'à ce titre que la nécessité transitoire de sa propre existence est impliquée dans la nécessité transitoire du mode de production capitaliste. Le but déterminant de son activité n'est donc ni la valeur d'usage, ni la jouissance, mais bien la valeur d'échange et son accroissement continu.

Agent fanatique de l'accumulation, il force les hommes, sans merci ni trêve, à produire pour produire, et les pousse ainsi instinctivement à développer les puissances productrices et les conditions matérielles qui seules peuvent former la base d'une société nouvelle et supérieure. Le capitaliste n'est respectable qu'autant qu'il est le capital fait homme.

Dans ce rôle il est, lui aussi, comme le thésauriseur, dominé par sa passion aveugle pour la richesse abstraite, la valeur. Mais ce qui chez l'un paraît être une manie individuelle est chez l'autre l'effet du mécanisme social dont il n'est qu'un rouage. Le développement de la production capitaliste nécessite un agrandissement continu du capital placé dans une entreprise, et la concurrence impose les lois immanentes de la production capitaliste comme lois coercitives externes à chaque capitaliste individuel. Elle ne lui permet pas de conserver son capital sans l'accroître, et il ne peut continuer de l'accroître à moins d'une accumulation progressive. (...)

Accumulez, accumulez ! C'est la Loi et les Prophètes ! « La parcimonie, et non l'industrie, est la cause immédiate de l'augmentation du capital. A vrai dire, l'industrie fournit la matière que l'épargne accumule [Smith (1776)]. » Épargnez, épargnez toujours, c'est-à-dire retransformez sans cesse en capital la plus grande partie possible de la plus-value ou du produit net ! Accumuler pour accumuler, produire pour produire (...). A ce point de vue, si le prolétaire n'est qu'une machine à produire de la plus-value, le capitaliste n'est qu'une machine à capitaliser cette plus-value.

Karl MARX, *Le Capital*, Livre I, section 7, chapitre 24, 1867

Questions

1. Quelle est la règle de comportement adoptée par le capitaliste ? En quoi est-elle nécessaire au mode de production capitaliste ?
2. Quels est le ton utilisé dans ce texte ? Pourquoi ?

Document 3. La lutte des classes.

Un spectre hante l'Europe, le spectre du communisme. Toutes les puissances de la vieille Europe se sont unies en une Sainte-Alliance pour traquer ce spectre : le Pape et le Czar¹, Metternich² et Guizot³, les radicaux de France et les policiers d'Allemagne. (...)

L'histoire de toute société jusqu'à nos jours n'a été que l'histoire des luttes de classes. Hommes libres et esclaves, patriciens et plébéiens, barons et serfs, maîtres de jurandes et compagnons, en un mot, oppresseurs et opprimés, en opposition constante, ont mené une guerre ininterrompue, tantôt ouverte, tantôt dissimulée ; une guerre qui finissait toujours, ou par une transformation révolutionnaire de la société tout entière, ou par la destruction des deux classes en lutte. Dans les premières époques historiques, nous constatons presque partout une division hiérarchique de la société, une échelle graduée de positions sociales.

Dans la Rome antique, nous trouvons des patriciens, des chevaliers, des plébéiens et des esclaves ; au moyen âge, des seigneurs, des vassaux, des maîtres, des compagnons, des serfs ; et dans chacune de ces classes, des gradations spéciales.

La société bourgeoise moderne, élevée sur les ruines de la société féodale, n'a pas aboli les antagonismes de classes. Elle n'a fait que substituer aux anciennes, de nouvelles classes, de nouvelles conditions d'oppression, de nouvelles formes de lutte. Cependant, le caractère distinctif de notre époque, de l'ère de la Bourgeoisie, est d'avoir simplifié les antagonismes de classes.

La société se divise de plus en plus en deux vastes camps opposés, en deux classes ennemies : la Bourgeoisie et le Prolétariat.

Karl MARX et Friedrich ENGELS, *Manifeste du parti communiste*, 1848

¹ Tsar, empereur de Russie.

² Diplomate autrichien, promoteur de la Sainte-Alliance entre les vainqueurs de la France napoléonienne (l'Autriche, la Prusse, la Russie et le Royaume-Uni) qui tente de maintenir les équilibres issus du congrès de Vienne (1815).

³ Guizot, alors premier ministre en France, tente de se rapprocher de la Sainte-Alliance.

Questions

1. Quel est le facteur déterminant de l'évolution historique ?
2. Commentez ces deux phrases de K. Marx et F. Engels « Tous les mouvements historiques ont été, jusqu'ici, des mouvements de minorités au profit des minorités » ; « Le mouvement prolétarien est le mouvement spontané de l'immense majorité au profit de l'immense majorité » ?

Document 4. Justification morale de l'accumulation.

Celui qui, pouvant gagner dix shillings par jour en travaillant, se promène ou reste dans sa chambre à paresser la moitié du temps, bien que ses plaisirs, que sa paresse, ne lui coûtent que six pence, celui-là ne doit pas se borner à compter cette seule dépense. Il a dépensé en outre, jeté plutôt, cinq autres shillings. Souviens toi que le crédit, c'est de l'argent. Si quelqu'un laisse son argent entre mes mains alors qu'il lui est dû, il me fait présent de l'intérêt ou encore de tout ce que je puis faire de son argent pendant ce temps. Ce qui peut s'élever à un montant considérable si je jouis de beaucoup de crédit et que j'en fasse bon usage.

Souviens-toi que l'argent est, par nature, générateur et prolifique. L'argent engendre l'argent, ses rejets peuvent en engendrer davantage, et ainsi de suite. Cinq shillings qui travaillent en font six, puis se transforment en sept shillings trois pence, etc., jusqu'à devenir cent livres sterling. Plus il y a de shillings, plus grand est le produit chaque fois, si bien que le profit croît de plus en plus vite. Celui qui tue une truie, en anéantit la descendance jusqu'à la millième génération.

Celui qui assassine une pièce de cinq shillings, détruit tout ce qu'elle aurait pu produire : des monceaux de livres sterling.

Benjamin FRANKLIN, *Advice to a young tradesman*, 1748 in Weber (1920)

Questions

1. Que valorise le sermon de B. Franklin ?
2. Expliquez la dernière phrase.

Document 5. Les affinités électives.

L'ascèse protestante intramondaine¹ – ainsi peut-on résumer ce qui a été dit jusqu'à présent – s'est opposée de toutes ses forces à la *jouissance* ingénue des possessions, elle a restreint la *consommation*, en particulier la consommation de luxe. En revanche, elle a eu pour effet de lever les obstacles [psychologiques] que l'éthique traditionaliste opposait à l'acquisition des biens, de rompre les chaînes qui entravaient la recherche du gain, non seulement en la légalisant, mais en la considérant comme directement voulue par Dieu. [...]

En tant que telle, la possession de la richesse est une tentation. [...] En effet, non seulement [l'ascétisme intramondain] considérait, conformément à l'Ancien testament et en pleine analogie avec la valorisation éthique des « bonnes œuvres », que la recherche de la richesse comme une *fin en soi* était le comble du répréhensible, mais elle voyait dans l'obtention de la richesse comme *fruit* du travail professionnel une bénédiction divine.

Mais plus important encore : la valorisation religieuse du travail professionnel dans le monde – celui qui est exercé sans relâche, continûment et systématiquement, celui qui est considéré absolument comme le moyen ascétique le plus élevé et comme confirmation la plus certaine et la plus visible de la régénération de la personne et de l'authenticité de la foi –, cette valorisation ne pouvait que constituer le levier le plus puissant que l'on puisse imaginer de l'expansion de la conception de vie que nous avons désignée ici comme l'« esprit » du capitalisme.

Si, de surcroît, nous *associons* cette restriction de la consommation et cette libéralisation de la recherche du gain, le résultat extérieur va de soi : c'est la *formation de capital* par la *contrainte ascétique à l'épargne*. Les obstacles qui s'opposaient à l'utilisation du gain à des fins de consommation ne pouvaient que favoriser l'emploi productif de celui-ci, comme capital d'*investissement*.

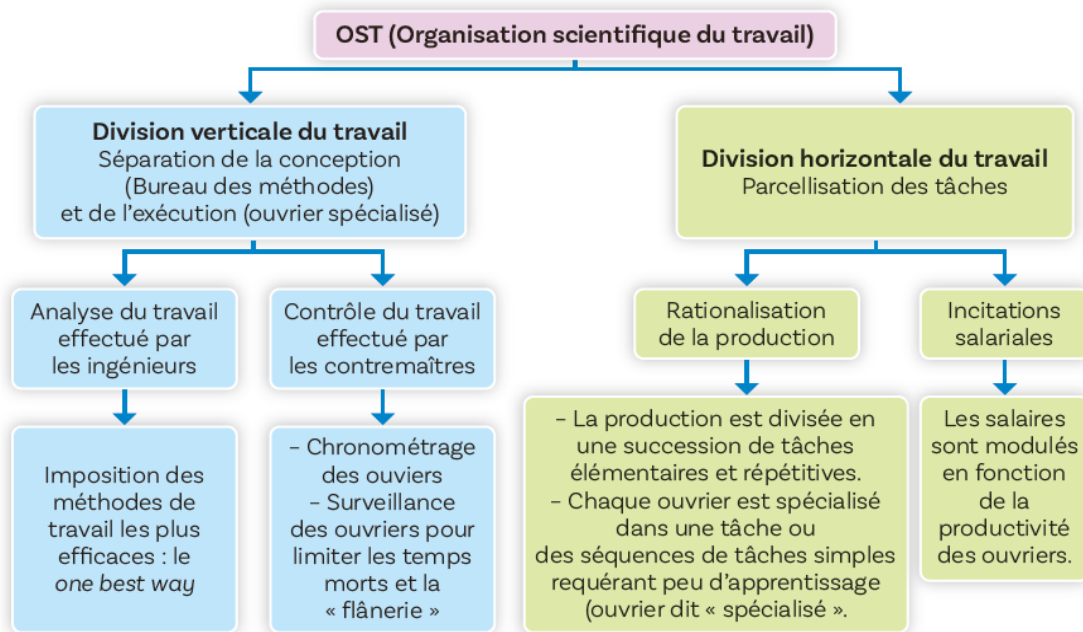
Max WEBER, *L'éthique protestante et l'esprit du capitalisme*, Gallimard, 2003

¹ L'ascèse désigne une conduite de vie parfaitement réglée et maîtrisée, austère. Elle est ici intramondaine car elle est l'œuvre de personnes menant une vie active et ayant une activité professionnelle, par opposition à une personne vivant recluse et coupée du monde.

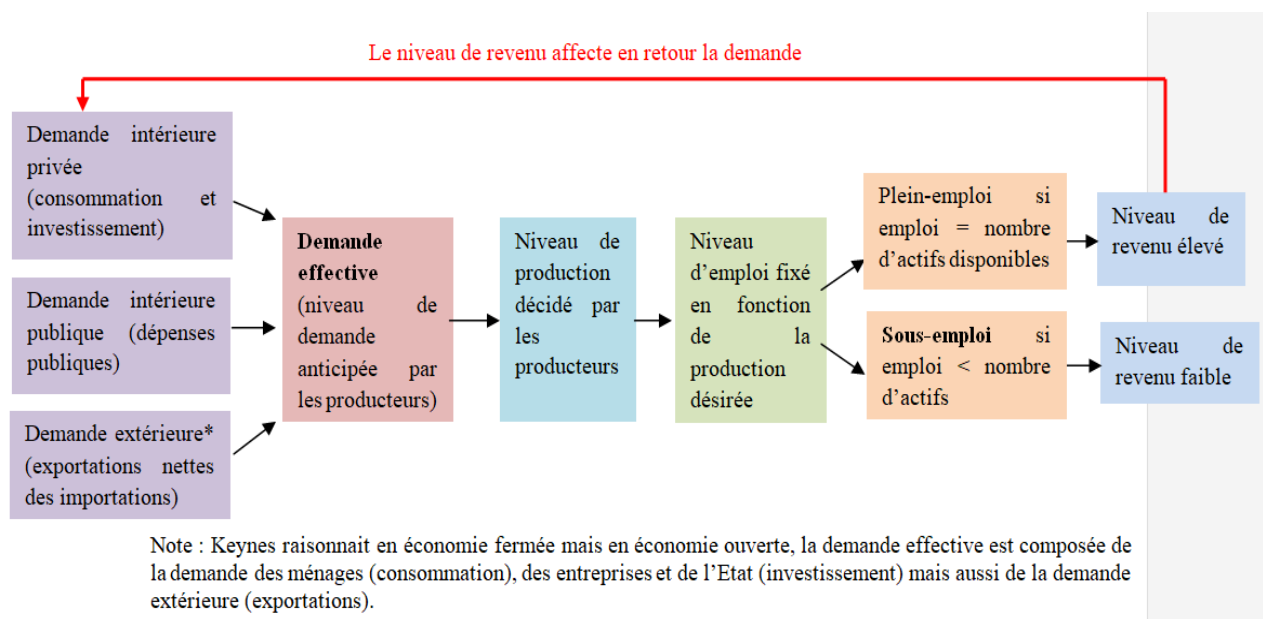
Questions

1. Quelle est la différence de position entre la doctrine catholique et les doctrines protestantes sur la possession de richesses ?
2. Par quels mécanismes l'ascétisme participe-t-il à la constitution d'une épargne ?

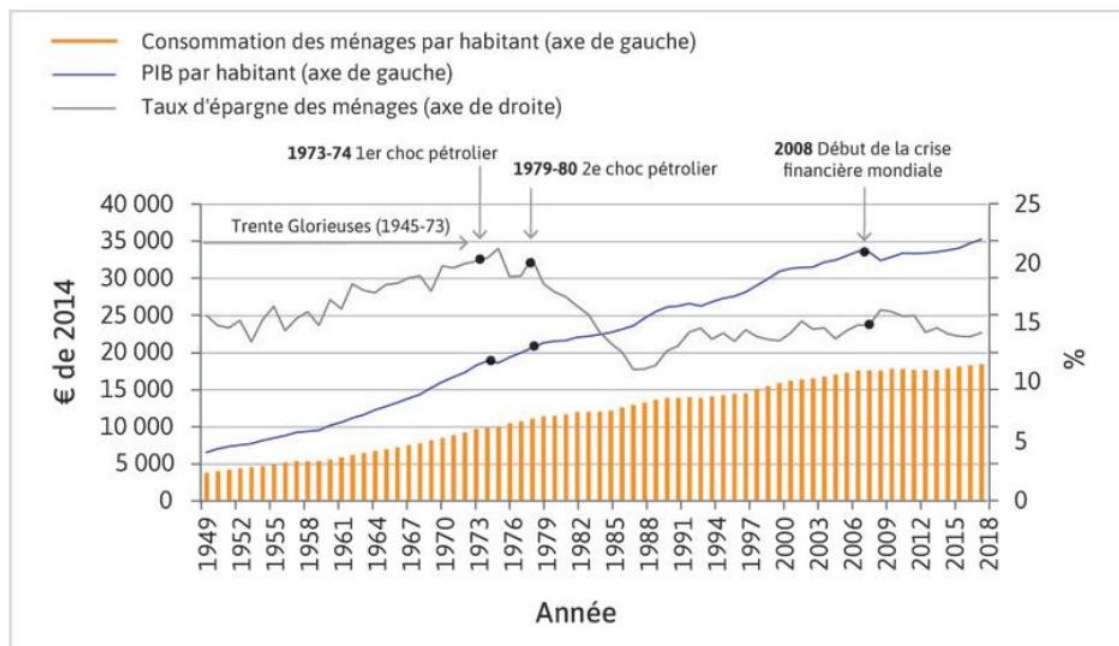
Document 6. L'organisation scientifique du travail.



Document 7. L'analyse keynésienne.



Document 8. Consommation des ménages par habitant, PIB par habitant et taux d'épargne en France (1949-2018).



Insee, comptes nationaux, base 2014 (base de données).

Document 9. La mobilité sociale dans les sociétés démocratiques.

Je n'ignore pas que, chez un grand peuple démocratique, il se rencontre toujours des citoyens très pauvres et des citoyens très riches ; mais les pauvres, au lieu d'y former l'immense majorité de la nation comme cela arrive toujours dans les sociétés aristocratiques, sont en petit nombre, et la loi ne les a pas attachés les uns aux autres par les liens d'une misère irrémédiable et héréditaire.

Les riches, de leur côté, sont clairsemés et impuissants ; ils n'ont point de privilèges qui attirent les regards ; leur richesse même, n'étant plus incorporée à la terre et représentée par elle, est insaisissable et comme invisible. De même qu'il n'y a plus de races¹ de pauvres, il n'y a plus de races de riches ; ceux-ci sortent chaque jour du sein de la foule, et y retournent sans cesse. Ils ne forment donc point une classe à part, qu'on puisse aisément définir et dépouiller ; et, tenant d'ailleurs par mille fils secrets à la masse de leurs concitoyens, le peuple ne saurait guère les frapper sans s'atteindre lui-même. Entre ces deux extrémités de sociétés démocratiques, se trouve une multitude innombrable d'hommes presque pareils, qui, sans être précisément ni riches ni pauvres, possèdent assez de biens pour désirer l'ordre, et n'en ont pas assez pour exciter l'envie.

¹ au sens de lignée.

Alexis de Tocqueville, *De la démocratie en Amérique*, Tome 2, GF-Flammarion, 1981 (1840)

Questions

1. Distinguez les caractéristiques des riches et des pauvres selon le type de société.
2. Expliquez la phrase soulignée et caractérisez la classe moyenne.

Document 10. Le dilemme entre liberté et égalité.

Les peuples démocratiques aiment l'égalité dans tous les temps, mais il est de certaines époques où ils poussent jusqu'au délire la passion qu'ils ressentent pour elle. Ceci arrive au moment où l'ancienne hiérarchie sociale, longtemps menacée, achève de se détruire, après une dernière lutte intestine, et que les barrières qui séparaient les citoyens sont enfin renversées. Les hommes se précipitent alors sur l'égalité comme sur une conquête, et ils s'y attachent comme à un bien précieux qu'on veut leur ravir. La passion d'égalité pénètre de toutes parts dans le cœur humain, elle s'y étend, elle le remplit tout entier. Ne dites point aux hommes qu'en se livrant aussi aveuglément à une passion exclusive, ils compromettent leurs intérêts les plus chers ; ils sont sourds. Ne leur montrez pas la liberté qui s'échappe de leurs mains tandis qu'ils regardent ailleurs ; ils sont aveugles, ou plutôt ils n'aperçoivent dans tout l'univers qu'un seul bien digne d'envie. [...]

Ce sont les rois absolus qui ont le plus travaillé à niveler les rangs parmi leurs sujets. Chez ces peuples, l'égalité a précédé la liberté ; l'égalité était donc un fait ancien, lorsque la liberté était encore une chose nouvelle ; l'une avait déjà créé des opinions, des usages, des lois qui lui étaient propres, lorsque l'autre se produisait seule, et pour la première fois, au grand jour. Ainsi, la seconde n'était encore que dans les idées et dans les goûts, tandis que la première avait déjà pénétré dans les habitudes, s'était emparée des mœurs, et avait donné un tour particulier aux moindres actions de la vie. Comment s'étonner si les hommes de nos jours préfèrent l'une à l'autre ?

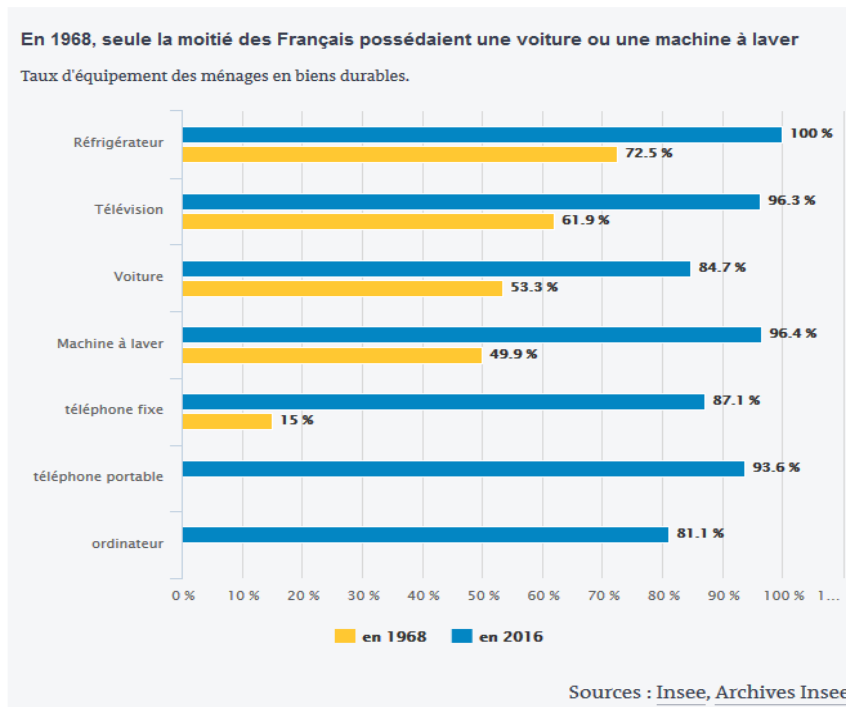
Je pense que les peuples démocratiques ont un goût naturel pour la liberté ; livrés à eux-mêmes, ils la cherchent, ils l'aiment, et ils ne voient qu'avec douleur qu'on les en écarte. Mais ils ont pour l'égalité une passion ardente, insatiable, éternelle, invincible ; ils veulent l'égalité dans la liberté, et, s'ils ne peuvent l'obtenir, ils la veulent encore dans l'esclavage.

Alexis de Tocqueville, *De la démocratie en Amérique*, Tome 2, GF-Flammarion, 1981 (1840)

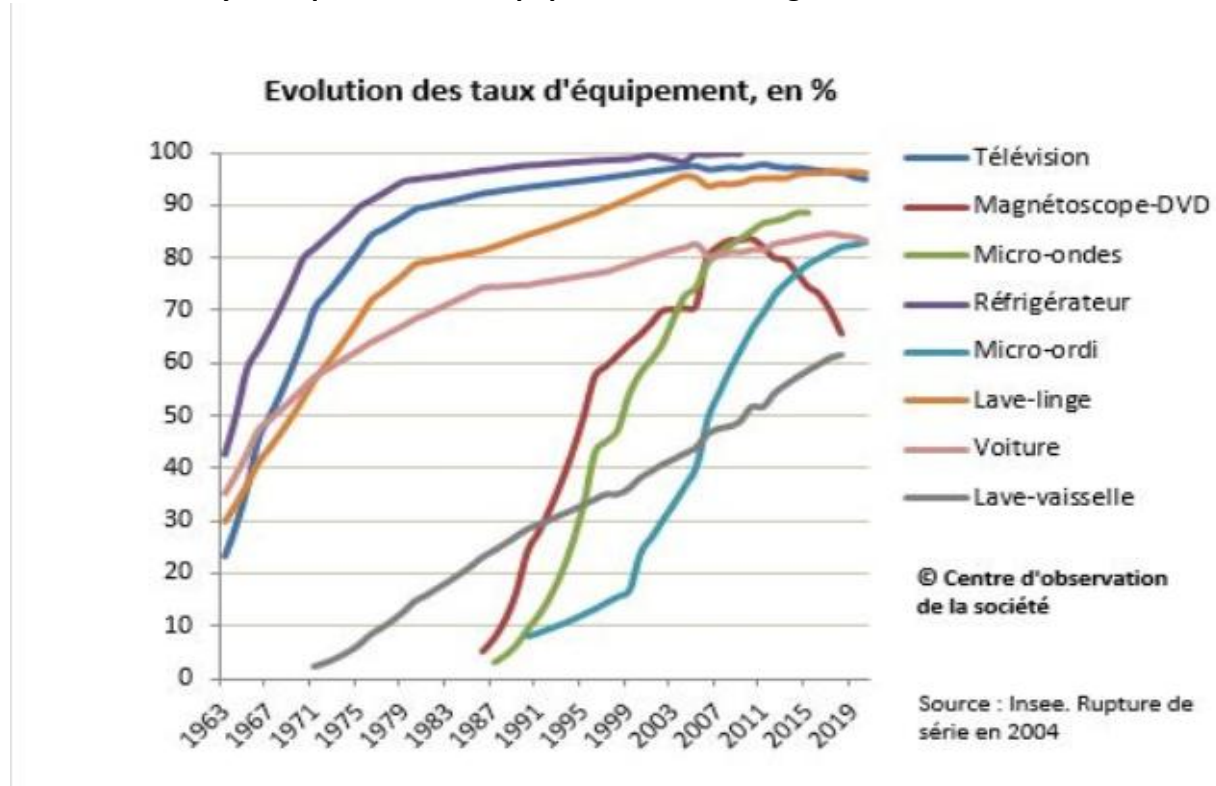
Questions

1. Qu'est-ce qui différencie l'égalisation des conditions de la passion égalitaire ?
2. Pourquoi le despote profite-il de l'égalité ?
3. En quoi accorder une grande valeur à l'égalité est-il dangereux pour la liberté ?

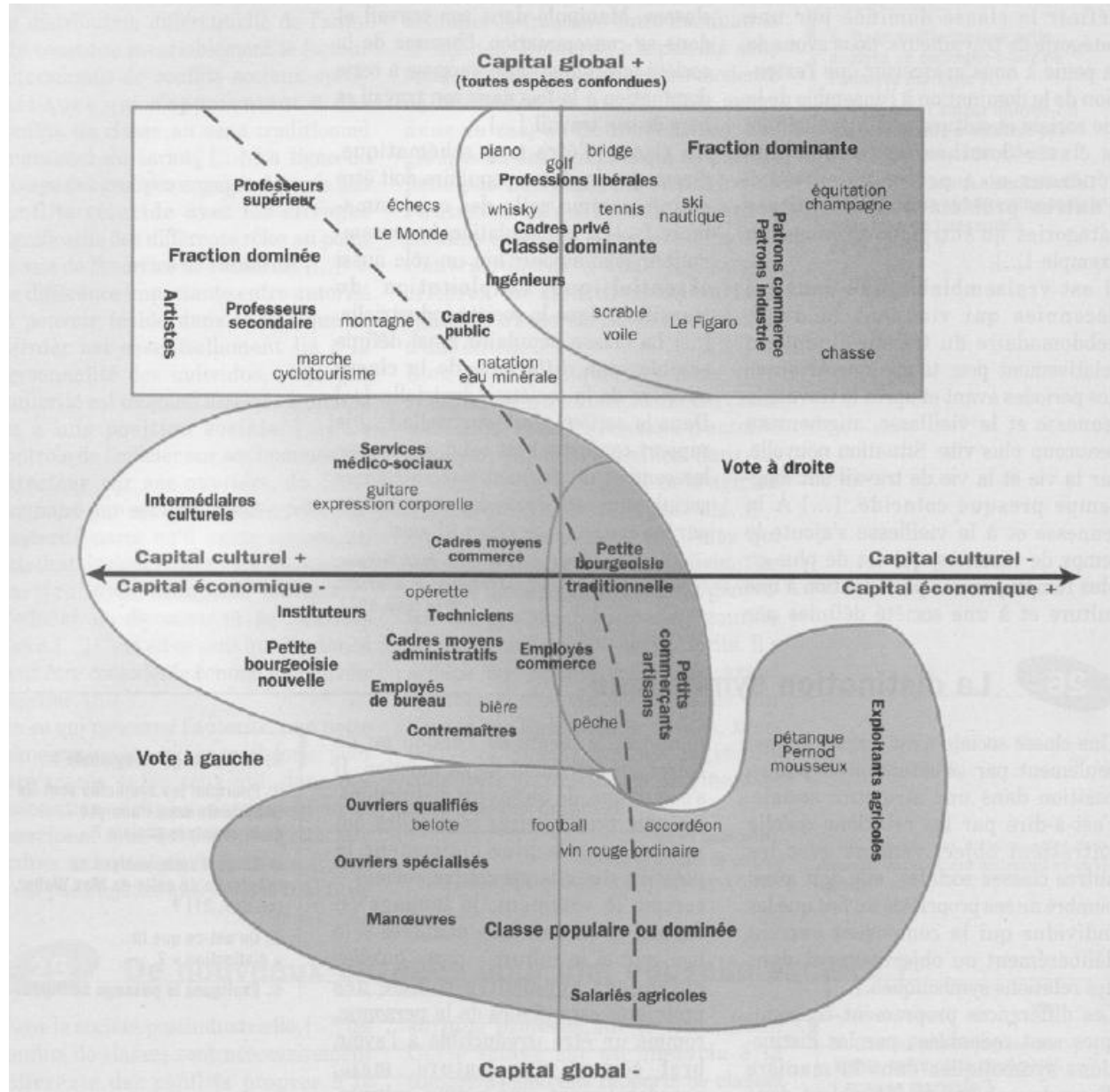
Document 11. Le taux d'équipement des ménages.



Document 12. Dynamique du taux d'équipement des ménages.

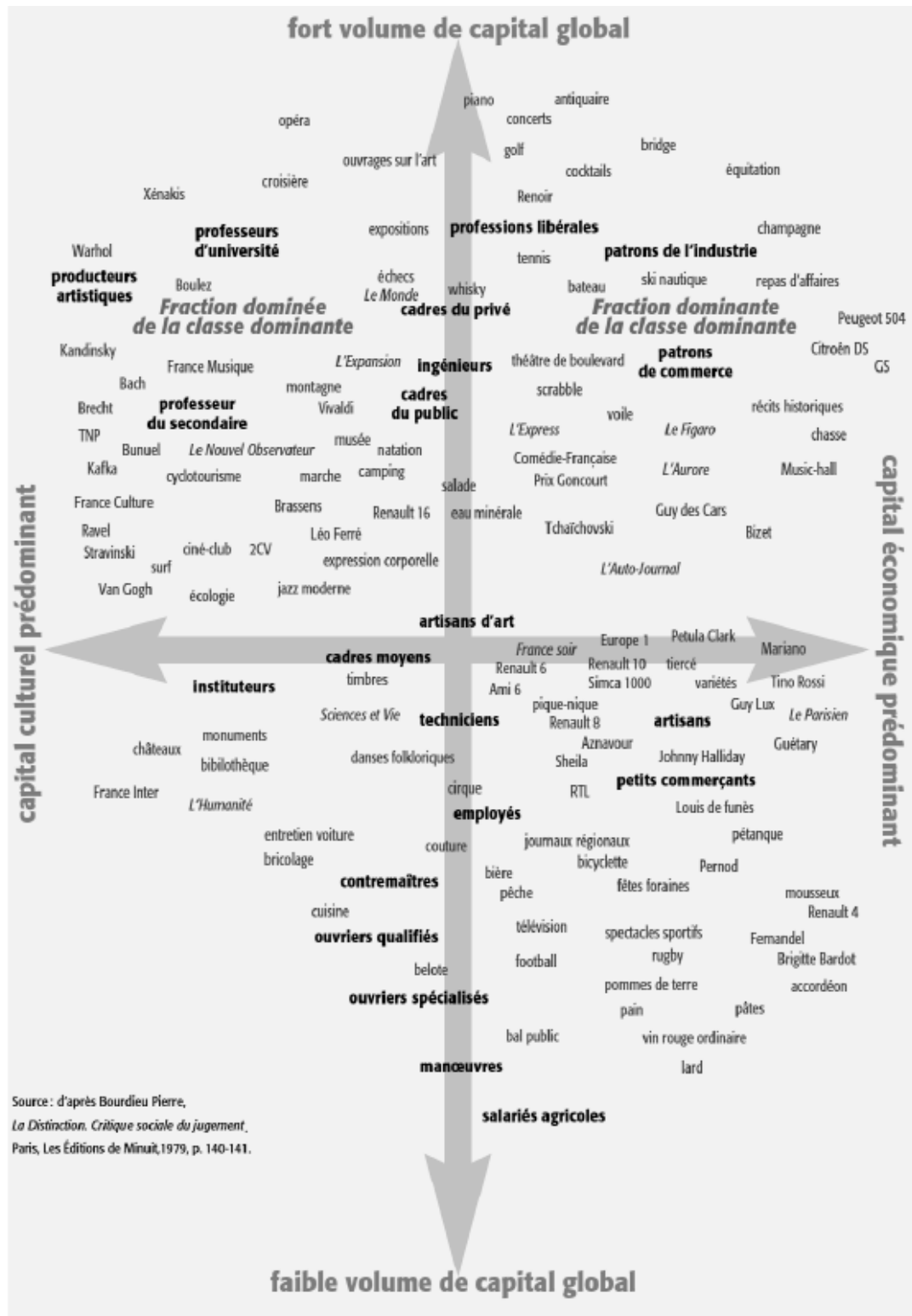


Document 13. L'espace des positions sociales selon Pierre Bourdieu.



Pierre Bourdieu, *La distinction. Critique sociale du jugement*, 1979.

L'espace social des pratiques.



D'après Pierre Bourdieu, *Raisons pratiques*, Le Seuil, 1994.

Document 14. Les émissions de gaz à effet de serre des ménages français.

Empreinte carbone selon le niveau de vie

Unité : tonnes de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ par ménage et par an

	10 % les plus pauvres	10 % les plus riches
Émissions directes (carburant, chauffage)	2,1	6,4
Émissions liées à la production des biens et services consommés	6,2	19,8
Émissions liées à l'extraction des matières premières	3,4	10,6
Émissions liées à l'usage des services publics	3,5	3,5
Émissions totales	15,2	40,4

Lecture : les ménages les 10 % les plus riches émettent en moyenne 40,4 tonnes de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ par an.

Source : Paul Malliet, OFCE-Sciences Po – Données 2011 – © Observatoire des inégalités

photo / CC Ashim Da Silva

Document 15. Penser la transition écologique dans l'industrie.

Texte 1. L'industrie pharmaceutique face à la transition écologique.

En France, les émissions de gaz à effet de serre du système de santé avoisineraient chaque année 49 millions de tonnes d'équivalent CO₂, soit plus de 8 % de l'empreinte carbone du pays, selon une évaluation du think tank The Shift Project.

« Une aberration ! Vingt broches commandées. Je reçois vingt sachets contenant chacun un tube contenant chacun une broche... J'ai testé : les vingt petites broches entrent pourtant dans un seul tube ! » A côté de la publication postée sur les réseaux sociaux en juillet par le groupe Santé environnementale et écoresponsabilité de nos pratiques de l'association Collectif santé en danger, la photo, éloquente, montre un tas d'emballages en plastique sur le point d'être jetés à la poubelle. Jusqu'à présent rarement mise en cause sur son bilan carbone, l'industrie pharmaceutique n'échappe désormais plus aux critiques.

Il faut dire que la pollution générée par le secteur est loin d'être négligeable. En France, les émissions de gaz à effet de serre du système de santé avoisineraient chaque année 49 millions de tonnes d'équivalent CO₂, soit plus de 8 % de l'empreinte carbone du pays, selon une évaluation du think tank The Shift Project.

Parmi les principales sources d'émissions figurent les achats de médicaments et de dispositifs médicaux, dont les chaînes de fabrication, particulièrement complexes et souvent dispersées en de multiples endroits du globe, sont fortement énergivores. En 2022, le LEEM, principal représentant des industriels pharmaceutiques dans l'Hexagone, calculait ainsi que la production et la consommation de médicaments sur le territoire avaient représenté 26,3 millions de tonnes d'équivalent CO₂ l'année précédente.

Confrontés à la nécessité de « verdir » l'industrie, les laboratoires pharmaceutiques amorcent leur transition écologique. Ces dernières années, ils ont multiplié les initiatives, notamment celles visant à optimiser les consommations d'eau et d'énergie de leurs usines, deux ressources abondamment utilisées lors de la fabrication de médicaments et qui pèsent lourdement sur la facture environnementale.

Mi-juillet, Sanofi a ainsi annoncé à cet effet un investissement annuel de 300 millions à 400 millions d'euros dans les trois prochaines années, dont 50 millions seront dévolus à la décarbonation de ses sites industriels. Le groupe, qui a réduit de 29 % ses émissions de gaz à effet de serre en France depuis 2019, s'est donné pour objectif de diminuer son empreinte carbone de 55 % d'ici à 2030. A Chartres, Novo Nordisk, dont le directeur général France, Etienne Tichit, a été missionné par la Fédération française des industries de santé pour piloter la feuille de route « décarbonation » du secteur pharmaceutique, est parvenu, de son côté, à baisser de 10 % la consommation d'eau de son usine en repensant les cycles de lavage.

Empreintes carbone du simple au double

En parallèle, les laboratoires, poussés par la loi antigaspillage pour une économie circulaire, promulguée en février 2020, se sont également attelés à un autre chantier : la réduction des emballages plastiques à usage unique. Utilisés dans les blisters – ces plaques d'aluminium recouvertes d'un film en plastique –, les tubes ou les flacons, ils représentent près de 17 millions de tonnes de déchets chaque année, soit 27 % des emballages ménagers de médicaments.

En juillet, le LEEM s'est engagé à remplacer les blisters par des alternatives recyclables d'ici à 2030. Certains ont déjà franchi le pas, à l'instar de Sanofi sur son site de fabrication de vaccins à Val-de-Reuil

(Eure) ou du danois ALK, dont les nouvelles boîtes en carton de sa gamme Osiris, une immunothérapie contre les allergies, ont réduit de 95 % l'empreinte carbone de l'emballage par rapport à l'ancienne solution en plastique.

Dans leurs rapports de responsabilité sociétale des entreprises, les laboratoires ne se privent pas de souligner ces démarches, mais ils restent souvent moins diserts sur les contributions réelles de ces dernières à l'effort de réduction générale. Le risque de *greenwashing* n'est pas loin. « *Mettre en avant, par exemple, qu'on recycle des emballages n'est pas significatif si les emballages ne comptent que pour 1 % de l'impact environnemental du produit* », observait Sébastien Taillemite, président d'Ecovamed, lors d'une conférence en ligne organisée en avril par le Collectif d'action face à l'urgence en santé et environnement.

Lancée en 2021, cette société s'est spécialisée dans le calcul de l'empreinte carbone des produits de santé en analysant l'ensemble de leur cycle de vie (production des matières premières, fabrication du produit, distribution, transport, utilisation...). Une approche au cas par cas qui s'avère précieuse pour identifier les leviers d'amélioration les plus pertinents.

Car l'impact environnemental d'un médicament ou d'un dispositif médical peut varier considérablement d'une référence à l'autre, comme l'atteste l'analyse effectuée par Ecovamed sur la metformine. Une quinzaine de laboratoires commercialisent cet antidiabétique en France, mais, selon les fabricants, l'empreinte carbone de ce médicament évolue du simple au double.

La complexité des chaînes de production comme frein

Qu'il s'agisse de médicaments ou de dispositifs médicaux, une constante subsiste malgré tout : la prédominance des émissions de carbone liées à la production de matières premières. Les pratiques dans le domaine évoluent cependant lentement, même si certains projets existent, comme ceux qui sont portés en France par l'italien Chiesi et le britannique GSK dans la fabrication d'inhalateurs bas carbone. En cause : la complexité des chaînes de production des produits de santé.

Les médicaments et les dispositifs médicaux sont étroitement contrôlés et réglementés par les autorités de santé. Tout changement, même mineur, dans les procédés industriels, les machines de production ou les matières premières utilisées nécessite l'obtention d'autorisations dont les procédures peuvent être longues. Il faut alors souvent plusieurs années pour opérer une modification.

D'autre part, le coût de ces évolutions est élevé. Chez Chiesi, l'investissement pour développer un nouveau gaz moins polluant pour ses inhalateurs, et qui permettra de baisser de 90 % l'empreinte écologique de son dispositif médical, s'élève à 350 millions d'euros. Afin d'encourager les efforts des industriels, certains laboratoires prônent l'intégration de l'empreinte carbone dans les critères de négociation de prix des médicaments avec le gouvernement.

Enfin, les laboratoires pharmaceutiques n'ont pas toujours la possibilité d'agir directement. Bien souvent, ils dépendent de fournisseurs externes pour l'approvisionnement en matières premières. Par ailleurs, le choix des prestataires est parfois restreint, certains principes actifs n'étant produits que par un ou deux acteurs, souvent installés en Asie, où les obligations environnementales sont peu contraignantes.

Dans ce contexte, la politique de souveraineté sanitaire engagée depuis la pandémie de Covid-19 pourrait s'avérer précieuse. Car la relocalisation, bien que coûteuse, s'avère plus écologique : les traitements produits localement affichent en moyenne une empreinte carbone réduite de 40 % en comparaison avec les médicaments importés.

Zeliha Chaffin, « L'industrie pharmaceutique interpellée sur la lente « révolution verte » du médicament », *Le Monde*, 17 août 2023

Texte 2. Plastiques éco-responsables.

360 millions de tonnes ! C'est la quantité de plastiques produits dans le monde cette année. Aujourd'hui, leur devenir dans l'environnement et leur influence sur notre santé posent un immense défi à l'humanité. Comme l'expliquent les chimistes Sophie Guillaume et Jean-François Gérard dans ce billet, la recherche française réfléchit à des solutions, relatives aussi bien à leur recyclage qu'à leur production.

Découverts au début du XX^e siècle, les plastiques ou polymères bruts¹ ont d'abord révolutionné notre vie quotidienne et participé, entre autres, à l'amélioration de la sécurité sanitaire dans le domaine de l'emballage. Ils se sont développés au rythme d'une consommation et d'une économie en pleine croissance après la Seconde Guerre mondiale.

Leur faible coût, la simplicité de leurs procédés de fabrication et de leur mise en forme font qu'ils sont omniprésents dans tous les secteurs, dont l'emballage, les transports, le BTP, les installations électriques, l'électronique, le textile, etc. Ils utilisent 8 % de la production mondiale de pétrole (composés et consommation pour leur fabrication).

Il existe une très grande diversité de plastiques. Par exemple, ceux « de commodité », notamment le caoutchouc synthétique, le polyéthylène, le polypropylène et d'autres connus comme le PVC, le Plexiglas®, les Nylon®, le Téflon®, le Kevlar®, etc. Les plastiques de « spécialité » visent, eux, une application plus ciblée. Leur production est moins volumineuse et implique des structures macromoléculaires très bien définies et contrôlées, voire de haute précision, pour atteindre des propriétés optimales. Ils permettent des combinaisons de fonctionnalités (barrière aux gaz, résistance à la déchirure et fabrication de formes complexes, par exemple pour des films protégeant les aliments). Plus chers car plus difficiles à fabriquer, on peut trouver ces polymères en cosmétique, dans le domaine aéronautique ou médical. Certains d'entre eux, grâce à leurs propriétés spécifiques par rapport à d'autres matériaux, visent la durabilité comme dans l'automobile où les polymères conduisent à un allègement des véhicules (donc à une réduction de l'émission de CO₂ et de la consommation en carburant) ou débouchent sur des revêtements sans composé toxique. Si les plastiques ont pu nous rendre bien des services, nous faisons face aujourd'hui aux dommages générés par la présence de certains d'entre eux (notamment les plastiques de commodité) dans nos écosystèmes.

Le devenir des plastiques : une préoccupation planétaire

La communauté internationale se mobilise pour faire face de manière durable aux problématiques liées à la demande et donc à la production croissante de matière plastique : les citoyens, gouvernements, organismes et associations questionnent ainsi le temps d'utilisation souvent très court de ces plastiques (dont les emballages) et leur devenir après utilisation. L'évolution et l'usage de plastiques « responsables » sont de plus en plus requis par des institutions telles que la Communauté européenne. L'ambition du gouvernement français est d'atteindre 100 % de plastiques recyclés en 2025. Au-delà de tels règlements, la responsabilité et l'engagement dans le respect de l'environnement de chacun des acteurs, producteurs et consommateurs, ouvrent la voie à une nouvelle ère où les plastiques devront être plus vertueux et contribuer au bien-être de la société et à la préservation de notre planète.

Pour 6,3 milliards de tonnes de plastiques produits sur la période 1950-2015, seulement 9 % sont recyclés et 12 % incinérés. Quid des 79 % restants en circulation ? Un cercle vertueux doit être mis en place afin d'éviter la « fuite » des plastiques dans les milieux naturels (rivières, océans, mise en décharge, etc.), en optimisant leur cycle de vie dans le cadre d'une économie circulaire, responsable et durable.

Scientifiques et industriels se penchent sur des réponses innovantes en termes de production, dégradation, recyclage, réutilisation et valorisation des déchets plastiques. De réelles ruptures sont attendues à grande échelle et, sans la recherche, celles-ci ne pourront avoir lieu.

La recherche contribue aux nouveaux plastiques écoresponsables

De nombreuses communautés scientifiques concentrent leurs recherches sur des alternatives comme l'élaboration de nouveaux plastiques écoresponsables. Les scientifiques contribuent fortement à ce travail interdisciplinaire à travers des groupements de recherche CNRS ou encore le Groupe français d'études et d'applications des polymères.

La collecte et le tri des déchets plastiques, c'est-à-dire le recyclage physique, apportent une solution écocitoyenne et écoresponsable au fait de simplement « jeter » : de nombreuses actions locales, régionales et nationales visent ainsi à favoriser la récupération des déchets. Ce recyclage est ensuite optimisé sur la base d'études scientifiques visant à mieux séparer les plastiques selon leur propre famille par tri optique, densimétrique ou par flottaison, pour ensuite mieux les traiter et valoriser. Une autre avancée scientifique en matière de recyclage vise à réutiliser les déchets de polymères dans une seconde vie pour générer de nouveaux matériaux à plus faible valeur ajoutée, une voie appelée « downcycling ». Enfin, des efforts sont consacrés en amont au design moléculaire de polymères « à façon », offrant des propriétés optimales de recyclage par pyrolyse ou par recyclage chimique.

Cela revient à introduire le long du squelette du polymère des fonctions sensibles à par exemple une enzyme, aux rayonnements UV ou à l'exposition à la température, fonctions qui vont pouvoir briser, lorsqu'elles sont stimulées, la chaîne macromoléculaire en petits fragments, voire en briques élémentaires du polymère initial. Cette approche, qui consiste à dépolymériser les polymères en les transformant en leurs monomères de départ, représente une voie économiquement pertinente. On peut en effet recycler ces monomères via leur polymérisation pour former à nouveau un matériau possédant les mêmes propriétés que celui initial. Connue sous le nom d'« up-cycling », cette démarche tend vers l'application industrielle, pour pratiquement tous les types de polymères pétro-sourcés ou biosourcés et illustre parfaitement la mise en place d'une économie circulaire.

Il convient également de faire ici la distinction entre « bioplastique » qui désigne un polymère naturel ou fabriqué à partir de ressources naturelles renouvelables, et un « plastique biodégradable » qui se réfère à l'aptitude du matériau à pouvoir se dégrader sous l'action de microorganismes naturels. Ainsi, tous les plastiques biosourcés ne sont pas biodégradables et certains polymères pétrosourcés le sont.

Par ailleurs, une recherche amont porte sur l'élaboration et la production de ces matières plastiques aux performances au moins égales à celles des mêmes polymères pétrosourcés par valorisation de la biomasse, c'est-à-dire grâce à de la matière organique issue de végétaux, d'animaux, de bactéries ou de champignons et des ressources naturelles renouvelables non comestibles. Les chercheurs sont de plus en plus en quête de procédés verts et respectueux de l'Homme et de l'environnement pour remplacer des polymères bannis par les recommandations de REACH² pour leur toxicité. C'est le cas des polyuréthanes que des scientifiques sont parvenus à concevoir sans isocyanates, composés indésirables. De nombreux travaux utilisent également des huiles végétales (tournesol, ricin), des sucres (glucose, fructose) voire des déchets alimentaires ou des polymères naturels modifiés³ tels que la cellulose, la caséine ou l'amidon, pour remplacer les polymères actuels issus du pétrole. Des solutions proches de certaines développées au début du XX^e siècle pour fabriquer des objets à partir de galalithe, substitut d'ivoire ou de corne, issu de la caséine du lait.

En 1941, Ford présentait la Hemp Body Car, une voiture avec une carrosserie entièrement conçue à partir d'un plastique à base de chanvre et de soja renforcé par des fibres de sisal et de paille de blé. Récemment, un physicien américain a conçu lui-même avec une imprimante 3D sa voiture, en grande partie composée de tels plastiques.

Mimer la nature au plus près, notamment avec des polypeptides (issus des acides aminés : leucine, glycine, cystéine, etc.) ou des polymères bactériens (polyesters produits par des micro-organismes naturels comme par exemple certaines micro-algues) permet aujourd'hui de proposer des polymères synthétiques alternatifs plus compétitifs que leurs analogues naturels.

Ces polymères peuvent aussi être innovants, ouvrant la voie à de nouvelles applications, notamment dans le domaine de l'emballage et du médical, du fait de leur biocompatibilité. Le CO₂ capturé, source de carbone renouvelable, peut également servir de matière première dans la conception de nouveaux polymères comme les polycarbonates (présents dans les verres optiques, CD/DVD).

La catalyse représente en polymérisation un enjeu majeur pour l'efficacité des réactions de transformation chimique en termes de productivité et d'activité. Les efforts visent à remplacer les systèmes catalytiques traditionnellement métalliques, parfois toxiques, par des analogues organiques et enzymatiques aux résultats prometteurs.

La communauté des polyméristes sur le territoire français, au sein d'organismes comme le CNRS, les universités ou des industries, cible l'amélioration continue des méthodologies de synthèse et procédés de fabrication en prenant en compte le cycle de vie global du plastique. C'est-à-dire que les scientifiques considèrent depuis l'origine biosourcée des réactifs employés, jusqu'à l'élaboration de nouveaux polymères fonctionnels avec des propriétés améliorées dont leur durabilité et/ou recyclabilité, en passant par les procédés eux-mêmes qui doivent être plus rapides, plus propres et plus économes en matière d'énergie.

Les appels à projets nationaux et internationaux sur le sujet soutiennent une recherche de pointe très interdisciplinaire : biochimie et bioprocédés pour l'extraction de briques d'intérêt de la biomasse, catalyse de polymérisation plus propre sans métaux lourds et sans usage de solvants organiques, design de polymères « réversibles », procédés de dépolymérisation et de recyclage.

Sophie Guillaume et Jean-François Gérard, « Peut-on concevoir des plastiques éco responsables ? », *Le Journal du CNRS*, 27.09.2019.

Qu'ils touchent aux nanomédicaments, aux téléphones mobiles, aux véhicules à hydrogène ou à l'utilisation de la biomasse, des chimistes et physiciens explorent de nouvelles pistes en tenant compte des enjeux environnementaux et sociétaux.

A partir des idées des textes 1 et 2, présentez à l'écrit un exemple d'entreprise qui s'est engagée dans la transition écologique à travers l'éco-conception ou plus largement une logique de cycle de vie du produit.

Analysez également les difficultés auxquelles se heurtent les entreprises. (texte de 20-30 lignes que vous serez amené à présenter à l'oral).