INDISCIPLINES

L'affaire est dans le flux

Métabolisme social, économie circulaire et pouvoir en ville

Jean-Baptiste Bahers

Préface de Sabine Barles

éditions Quæ

L'affaire est dans le flux

Métabolisme social, économie circulaire et pouvoir en ville

Pour citer cet ouvrage
Bahers J.-B., *L'affaire est dans le flux. Métabolisme social, économie circulaire et pouvoir en ville*, Versailles, éditions Quæ, 120 p.,
https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4406-5

Cet ouvrage est en partie issu de l'habilitation à diriger des recherches de l'auteur :
L'affaire est dans le flux : enquête interdisciplinaire sur le métabolisme territorial.
Université de Nantes, 2025.

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant publication dont la procédure est décrite ici : https://www.quae.com/store/page/199/processus-d-evaluation

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection des similitudes et des textes potentiellement générés par intelligence artificielle.

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue par l'UMR 6590 Espaces et Sociétés du CNRS. Il a bénéficié du financement de l'Agence nationale de la recherche au titre de France 2030, dans le cadre du PEPR Recyclage portant référence ANR-22-PERE-0011.

Cet ouvrage est diffusé sous licence CC-by-NC-ND 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

© Éditions Quæ, NSS-Dialogues, 2026
ISBN papier : 978-2-7592-4405-8
ISBN PDF : 978-2-7592-4406-5
ISBN epub : 978-2-7592-4407-2
ISSN : 1772-4120

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex
www.quae.com – www.quae-open.com

INDISCIPLINES

L'affaire est dans le flux

Métabolisme social, économie circulaire et pouvoir en ville

Jean-Baptiste Bahers

éditions Quæ

INDISCIPLINES

Coéditée avec l'association NSS Dialogues (Natures Sciences Sociétés Dialogues), cette collection accueille des ouvrages pluridisciplinaires traitant des rapports que l'homme entretient avec la nature. Abordant une grande diversité de thèmes, elle s'adresse à des scientifiques ainsi qu'à un public intéressé par les questions d'environnement et de développement durable.

L'association est également éditrice de la revue *Natures Sciences Sociétés* (https://www.nss-journal.org/fr).

Sommaire

Préface 7

Introduction. La vie matérielle de nos sociétés 9
L'intérêt d'une approche par la métaphore du métabolisme 10
Le métabolisme comme concept vivant : un pont entre disciplines 11
Qui contrôle les flux ? Interdépendances et pouvoirs 12
À métabolisme ouvert 13

Chapitre 1. Une idée qui circule : le métabolisme, de la critique du capitalisme à l'écologie de la ville ... 15
Critiques métaboliques du capitalisme et du productivisme : du XIXe siècle à nos jours 15
Quantifier et modéliser le métabolisme : des outils pour mesurer l'économie écologique 18
Réparer et refonder le métabolisme : des approches interdisciplinaires pour une écologie des territoires 22
Conclusion. Vers une écologie interdisciplinaire du métabolisme 26

Chapitre 2. Penser la ville à travers ses flux, ses inégalités et ses infrastructures 27
Spatialités du métabolisme urbain : que voit-on quand on regarde la ville par ses échanges ? 28
Vers un cadre des inégalités socio-métaboliques 33
Futurs des infrastructures métaboliques 37
Conclusion 42

Chapitre 3. Des villes circulaires en tension : métabolisme des métropoles intermédiaires de Nantes et de Göteborg 45
Les métropoles de Nantes et de Göteborg 45
L'empreinte matérielle de Nantes et de Göteborg 46
Relations métaboliques entre villes et *hinterlands* : la spatialisation des flux 53
Le rôle des politiques urbaines d'économie circulaire 58
Tensions et contradictions dans la mise en œuvre de la ville circulaire 71
Quelles inégalités socio-métaboliques à Nantes et à Göteborg ? 74

Chapitre 4. Être une île : la matérialité contrainte comme révélateur 81
Le métabolisme insulaire : un archipel scientifique 82
Ndzuwani (Comores) et la Nouvelle-Calédonie : des métabolismes dans différents contextes coloniaux 84
Spécificité des métabolismes insulaires 87
Flux contraints, dépendances et vulnérabilités socio-métaboliques 94
Conclusion. Résister aux vulnérabilités des îles 100

Conclusion générale. Vers un nouveau régime métabolique ? 101

Bibliographie 107

Préface

Cent quarante-huit millions de tonnes. Ce chiffre représente l'empreinte matières de la région Île-de-France pour l'année 2021 (CitéSource, 2024) : il correspond à la consommation apparente, celle qui est effectivement effectuée au sein de la région, soit 61 millions de tonnes, et à toutes les autres consommations matérielles qui ont été engendrées par l'extraction, la production et le transport de ces biens, produits finis et semi-finis avant leur entrée dans la région, soit 87 millions de tonnes. Avec ces quelques chiffres, tout est dit ou presque : les territoires urbanisés attirent d'énormes flux de matières. Ils en contiennent aussi une quantité considérable, à travers les stocks de bâtiments, d'infrastructures, de biens de consommation durables. En somme, les territoires urbanisés pèsent très lourd.

Cette masse est doublement invisible. D'une part, parce que l'attention à la matérialité des sociétés humaines reste ténue : on ne caractérise pas une ville par son stock de matières, cet indicateur étant cantonné à un petit cercle de chercheurs et d'experts. On connaît (en France et dans les Nords à tout le moins) sa population, sa superficie, son produit intérieur brut (PIB). Mais qui connaît sa masse ? On sait combien d'actifs travaillent à l'extérieur de ses limites, et combien, au contraire, viennent de l'extérieur pour y travailler. Mais qui connaît ses importations et ses exportations matérielles ? Peu de monde en fait. C'est une première forme d'invisibilité, assez paradoxale puisque, où que nous portions le regard, cette matérialité se donne à voir dans sa part immobile – notre logement, notre lieu de travail, la gare – ou mobile – le camion de livraison, la péniche chargée de pondéreux, le wagon de marchandises.

Ces matières mobiles et immobiles sont, d'autre part, associées à des flux et stocks invisibles car ils sont loin et peu pensés. Ce sont non seulement les flux indirects qui composent l'empreinte matières précédemment citée, mais aussi les infrastructures diverses qui, à travers le monde, permettent la circulation des flux et organisent le métabolisme urbain ou territorial. Nous n'y pensons guère et, pourtant, comme le montrent les chiffres cités plus haut, l'effet matériel du métabolisme urbain est plus important à l'extérieur des limites urbaines qu'à l'intérieur de celles-ci. Ces 87 millions de tonnes ne sont ni plus ni moins que des flux de déchets et des pertes de toute nature, engendrés ici et là, souvent loin, par la consommation intra-urbaine. Ils ont des conséquences sanitaires, sociales et écologiques considérables.

Ces flux et stocks énergétiques et matériels sont l'expression d'un régime socio-écologique industriel insoutenable qui conduit au dépassement des limites planétaires, sans pour autant offrir à chaque humain et à chaque humaine des conditions de vie décentes. J'ai dit qu'ils étaient invisibles, mais il faut admettre qu'ils commencent à attirer l'attention, des politiques publiques en particulier. L'économie circulaire en est l'expression la plus répandue, qui s'invite dans les politiques européennes comme nationales et infranationales. En apparence, l'économie circulaire prend acte de la finitude des ressources en proposant de prélever moins grâce à l'écoconception, au recyclage, au réemploi,

à l'allongement de la durée de vie des produits, pour n'en citer que quelques cibles. Cependant, dans sa version dominante, elle conduit peut-être à une troisième forme d'invisibilisation. En produisant le récit d'une transition orchestrée avec détermination et positivité, en mettant en avant les initiatives les plus entraînantes – qu'elles prennent la forme de *start-up* dynamiques ou de recycleries sympathiques –, elle cache l'essentiel : l'augmentation de la pression sur les ressources, l'échec du technosolutionnisme, l'impossibilité de transformer le régime socio-écologique dominant sans engager une refondation politique majeure.

L'ouvrage de Jean-Baptiste Bahers paraît dans ce contexte, et c'est son premier mérite : il tombe à pic. Cette *enquête interdisciplinaire* révèle les multiples dimensions du métabolisme urbain et montre la nécessité de l'extraire d'une approche purement technique et comptable – indispensable cependant, et c'est aussi ce que montre l'ouvrage –, afin d'en analyser les arcanes, voire d'en envisager la reconfiguration effective. Il donne à voir cette empreinte matérielle dans ses déclinaisons territoriales ; il montre comment, grâce à l'approche métabolique, on peut mettre au jour les contradictions des politiques publiques, voire dessiner les contours de celles qui pourraient conduire à une dématérialisation effective des sociétés humaines (au sens de consommation moindre de matières). Il permet de comprendre en quoi le métabolisme, dans sa forme actuelle, peut créer ou accentuer des inégalités ou des vulnérabilités socio-spatiales et, par là, de sortir de l'antagonisme entre environnemental et social (ce qui se ferait pour l'environnement se ferait contre le social).

L'Affaire est dans le flux (« et dans le stock », ajouterais-je), mais l'affaire est mal connue. Jean-Baptiste Bahers montre en définitive le besoin de (re)fonder une connaissance matérielle des sociétés humaines et urbaines en particulier, une connaissance qui se doit, comme il le souligne, d'être interdisciplinaire. Il engage à envisager une transformation profonde et informée de cette base matérielle. On ne peut que le suivre.

Sabine Barles
Professeure d'urbanisme et d'aménagement
à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Introduction. La vie matérielle de nos sociétés

Depuis cinquante ans, notre monde s'est emballé. La population a doublé, la richesse produite a quadruplé et la quantité de matières extraites du sol a été multipliée par trois. Jamais dans l'histoire nous n'avons autant puisé, transformé, consommé, rejeté. L'International Resource Panel (IRP), un groupe d'experts de l'Organisation des Nations unies (ONU), le résume sans détour : l'extraction et le traitement des ressources naturelles sont responsables de plus de 90 % de la perte de biodiversité et du stress hydrique, et de la moitié de notre impact sur le climat. Et surtout, depuis un demi-siècle, la demande mondiale de matières n'a jamais cessé d'augmenter (IRP, 2019). Pas une pause, pas de stabilisation, pas même un ralentissement.

Nous vivons dans un monde où l'extraction, la consommation et le rejet des ressources s'accélèrent sans fin, au point de menacer les conditions mêmes de l'habitabilité de la Terre. Derrière les discours sur la transition écologique se cache une question plus profonde : comment repenser le métabolisme social, c'est-à-dire la manière dont nos sociétés produisent, transforment et partagent l'énergie et la matière ?

Ces flux ne sont pas abstraits. Ils traversent nos territoires, nos villes, nos corps. La nature nous fournit ce dont nous avons besoin, tel que la biomasse, l'énergie, les minerais, l'eau et, en retour, nous rejetons des excédents : déchets solides, eaux usées, gaz, boues, chaleur. Tout circule, rien ne disparaît. Et ce que nous rejetons finit toujours par revenir dans l'air, dans les sols, dans nos océans, partout. L'affaire est donc bien dans les flux. C'est là qu'entre en jeu la notion de métabolisme des territoires, qui est une manière d'observer et de décliner les interactions entre nature et sociétés. Elle permet de comprendre comment chaque territoire absorbe, consomme, transforme et rejette, et comment ces processus dessinent une géographie des inégalités. Certains espaces sont emplis d'énergie et de matières, d'autres sont vidés, surexploités, pollués. Réfléchir à ce métabolisme, c'est donc réfléchir à la justice écologique : à la répartition des ressources, des efforts et des dégâts.

Les villes en particulier concentrent cette tension par leurs poids matériels et énergétiques. Elles représentent près de 80 % de la consommation d'énergie mondiale, environ 40 milliards de tonnes de matières par an, et 65 % des émissions de dioxyde de carbone (CO_2) (Swilling *et al.*, 2018). Elles sont à la fois les lieux où s'inventent de nombreux futurs et où se concentrent les plus grandes consommation et transformation de la planète. Sont-elles pour autant condamnées à être des parasites écologiques ? La réponse est non, mais l'idée inverse, celle d'une ville parfaitement circulaire, autonome et sans déchets, relève tout autant de l'utopie. Il ne s'agit donc pas de rêver une pureté impossible, mais de repenser des villes et des territoires capables de limiter leurs dépendances, de partager équitablement les ressources et d'assumer les transformations nécessaires. C'est tout le sens de ce travail qui est de comprendre le métabolisme des

sociétés et des territoires, afin de visibiliser le poids des villes, pour ne pas rendre la Terre inhabitable.

Pour cela, il faut croiser les regards. Le métabolisme n'est pas seulement une question de biologie ou de technique. Il relève à la fois des sciences de la nature, qui éclairent les processus écologiques, et des sciences humaines et sociales, qui interrogent les choix politiques, économiques et culturels qui les produisent. Car il s'agit aussi d'une affaire de pouvoir. Pour le dire plus clairement : aucune discipline ne peut, seule, comprendre ce que nous faisons circuler et pourquoi. C'est en reliant ces savoirs, en tissant une véritable pensée interdisciplinaire, que l'on pourra imaginer un autre régime matériel pour nos sociétés. Un métabolisme plus sobre, plus juste, plus vivable.

L'INTÉRÊT D'UNE APPROCHE PAR LA MÉTAPHORE DU MÉTABOLISME

Le métabolisme est d'abord un mot du vivant : il désigne la circulation constante de la matière et de l'énergie dans un corps, ce va-et-vient vital entre ce que l'on absorbe et ce que l'on rend au monde. Mais, au fil des siècles, ce mot a voyagé. De la biologie, il a glissé vers la ville, vers l'économie, vers l'écologie. Aujourd'hui, on parle du métabolisme urbain, du métabolisme planétaire, du métabolisme social. Cette métaphore est puissante. Elle permet de mettre la focale sur la manière dont les villes se nourrissent, dont les territoires échangent, dont les ressources circulent. Cependant, elle est aussi dangereuse car elle fait oublier que ce fonctionnement n'est ni harmonieux ni égalitaire.

L'idée de métabolisme urbain trouve ses racines dans les travaux des chimistes du XIX^e^ siècle. Des scientifiques comme Justus von Liebig et Jean-Baptiste Dumas ont étudié les cycles des nutriments et l'impact des *excreta* urbains sur l'agriculture, cherchant à répondre aux défis de la croissance démographique et des pénuries alimentaires. Ces recherches ont inspiré Karl Marx, qui a développé la notion de *Stoffwechsel* (« métabolisme ») pour décrire les échanges complexes entre sociétés et nature, soulignant notamment les ruptures écologiques causées par l'industrialisation.

Au début du XX^e^ siècle, le biologiste et anarchiste Patrick Geddes a poussé plus loin cette réflexion en proposant une économie fondée sur les flux d'énergie et de matières plutôt que sur la monnaie. Dans *Cities in Evolution* (Geddes, 1915), il appelle à une transition des villes « paléotechniques » (polluantes et gaspilleuses) vers des villes « néotechniques » durables, alimentées par des énergies renouvelables et organisées autour de coopérations territoriales. Cette vision a influencé les biorégionalistes et les pionniers de l'écologie urbaine.

Dans les années 1960-1970, l'écologie urbaine s'est emparée de cette métaphore, avec des travaux comme ceux d'Eugène Odum ou d'Abel Wolman, qui ont modélisé les flux de matières et d'énergie des villes. Cependant, cette approche a été critiquée pour son organicisme excessif, qui néglige les dimensions sociales et culturelles. Des chercheurs comme Mathew Gandy ou Donna Haraway ont souligné les limites de cette analogie biologique, tout en reconnaissant son utilité pour interroger les relations entre humains et nature. Aujourd'hui, la métaphore du métabolisme urbain est réinterprétée de manière plus critique et interdisciplinaire. Plutôt que de voir la ville comme un organisme autonome, on l'étudie comme un système socio-écologique complexe, où les flux de matières et d'énergie s'inscrivent dans des dynamiques politiques et territoriales. Des propositions

comme celle de « métabolisme de l'écosystème urbain » (Newell et Cousins, 2015) visent à intégrer ces dimensions, tout en restant ancrées dans une perspective engagée.

En somme, le métabolisme urbain reste un outil puissant pour penser la durabilité des villes, à condition de l'enrichir d'une analyse sociale et politique, et de l'inscrire dans une vision relationnelle et terrestre, comme le propose Haraway (2016). Son ouvrage propose de regarder ce métabolisme des sociétés pas seulement du point de vue biologique : il est aussi social, économique et politique. Il résulte de la manière dont nous produisons, échangeons, décidons, aménageons nos espaces, bref, dont nous voyons la nature. L'urbaniste Sabine Barles parle du métabolisme comme d'un entrelacement entre les processus naturels et les techniques inventées par les sociétés humaines (Barles, 2017). Ce travail s'inscrit dans cette perspective : croiser les savoirs, dépasser les frontières entre disciplines et replacer la réflexion au plus près des territoires, là où les flux prennent forme et deviennent réels.

LE MÉTABOLISME COMME CONCEPT VIVANT : UN PONT ENTRE DISCIPLINES

L'interdisciplinarité constitue un enjeu primordial pour l'analyse du métabolisme territorial. Cependant, elle est souvent entendue aux prismes pratique et méthodologique, se concentrant sur la juxtaposition de méthodes disciplinaires. Il faut ainsi éviter le « discours de la méthode sur l'interdisciplinarité entre SHS [sciences humaines et sociales] et sciences de la nature » afin d'envisager « la mise à l'épreuve à même de faire apparaître ses apports heuristiques tout autant que les mésententes qu'elle peut susciter » (Pecqueux, Poupin et Vuillerod, 2022). Cette mise en acte de l'interdisciplinarité est dès lors très liée à des objets émergents, ou à des dispositifs d'enquête particuliers, et souvent à des dispositifs institutionnels.

Pour étudier comment les villes fonctionnent et interagissent avec leur environnement, il faut croiser les regards de différentes disciplines. L'interdisciplinarité ne se limite donc pas à juxtaposer des méthodes, mais permet de révéler des liens inattendus entre les dimensions politiques, techniques et écologiques. Par exemple, l'analyse des déchets urbains montre comment des enjeux pratiques (gestion des ordures) se mêlent à des questions sociales (inégalités d'accès) et environnementales (pollution).

Cette approche peut aller plus loin en combinant sciences naturelles et sciences humaines pour comprendre comment les villes consomment les ressources et produisent des déchets. Certains chercheurs parlent même d'une « interdisciplinarité indisciplinée » (Bognon *et al.*, 2020) qui brise les frontières entre disciplines pour mieux saisir la complexité des villes contemporaines.

Il s'agit donc bien d'une question socio-matérielle contre des réflexes disciplinaires dichotomiques. L'interdisciplinarité radicale consiste donc à se demander comment dépasser le constructivisme social, tout en rejetant les approches physico-centrées des flux matériels. La philosophe des sciences Anna Tsing en fait un constat sévère :

> « Les chercheurs en sciences humaines sont des têtes sans corps, flottant dans la stratosphère de la philosophie, quand les scientifiques sont des orteils fouillant la boue empirique. Même quand ils s'intéressent au concret, les chercheurs en sciences humaines s'arrêtent à une discussion autour de la "matérialité" avant même d'en arriver à la matière. Les chercheurs en sciences naturelles ignorent ces discussions

> — mais à leur péril. Mal informés des savoirs produits par les humanités en politique, en histoire, et en culture, les scientifiques s'emparent trop souvent de paradigmes simplistes ou trompeurs pour prendre la mesure de l'humanité. Aucune de ces habitudes ne laisse beaucoup de place à la conversation. En l'absence de ce dialogue, la dichotomie erronée d'une Nature soumise et d'une Culture dominante continue d'être affirmée[1] » (Tsing *et al.*, 2020).

Ainsi, la matérialité telle qu'on peut l'observer est aussi un construit social dont il faut pouvoir analyser les contours. En sens inverse, l'analyse sociale doit permettre de s'attarder véritablement sur les interdépendances matérielles qui sont au cœur des relations socio-économiques. C'est l'appel de Vanessa Castan-Broto *et al.* (2012) qui utilise le métabolisme urbain pour pousser les frontières disciplinaires et engager des dialogues théoriques pour dépasser les barrières méthodologiques. C'est, par exemple, situer les études sur les flux de matières et d'énergie dans des contextes historiques et politiques bien définis afin d'interroger la circulation des ressources, et, simultanément, de mobiliser la quantification matérielle pour argumenter les tensions rurales et urbaines et la reproduction des modèles d'inégalité urbaine (Broto, Allen et Rapoport, 2012). C'est là un programme dans lequel ce travail se reconnaît parfaitement.

QUI CONTRÔLE LES FLUX ? INTERDÉPENDANCES ET POUVOIRS

Le territoire ne se limite pas ici à une surface délimitée ou à une entité administrative, mais c'est un lieu d'enjeux, un terrain d'observation où les flux matériels (d'énergie, d'eau, de déchets, de marchandises…) rencontrent les choix politiques et les rapports de pouvoir. Contrairement à une économie qui raisonne à l'échelle mondiale et oublie souvent les particularités locales, cette approche invite à regarder les réalités situées, concrètes, multiples. Ainsi, il ne faut pas enfermer le territoire derrière des frontières, mais étudier sa dimension vivante et relationnelle. C'est la même logique qui s'applique à la ville : non pas comme une entité isolée, mais comme un acteur parmi d'autres dans le grand réseau des échanges entre les espaces. En cela, nous nous rapprochons de la perspective d'« appréhender l'urbain en tant qu'objet socio-écologique [qui] revient peut-être d'abord à rendre compte de la pluralité des configurations socio-écologiques au sein des régions urbaines et d'une région à l'autre » (Barles *et al.*, 2020, p. 158). Comprendre l'urbain, c'est d'abord reconnaître la diversité des manières d'habiter et de transformer les environnements.

La transformation de la matière est réalisée grâce à un ensemble d'infrastructures, que l'on peut également nommer les « réseaux techniques ». Historiquement, ces réseaux ont été pensés pour être vastes, centralisés et efficaces. Ils reposent sur l'idée d'une maîtrise totale des flux et d'une extension permanente : plus de canalisations, plus de routes, plus de connexions. Néanmoins, cette logique, héritée de l'ère industrielle, est aujourd'hui remise en cause, notamment par un modèle fondé sur des cycles courts, sur des réseaux plus locaux et sur une meilleure autonomie énergétique et matérielle des territoires (Coutard et Rutherford, 2009). Entre ces deux visions que sont le grand réseau centralisé expansif et le métabolisme « écocyclique » se joue une tension essentielle pour penser les villes de demain.

1. Traduction de Pauline Briand, relue par Marin Schaffner.

Pour autant, il ne suffit pas d'observer seulement les villes, il faut aussi regarder ce qui se passe au-delà, dans les zones qui les nourrissent et les approvisionnent. Les territoires ruraux, agricoles ou industriels qui entourent les métropoles, et que l'on appelle leurs « *hinterlands* » (Brenner, 2009), fournissent nourriture, énergie, matériaux, et reçoivent souvent en retour les déchets ou les pollutions. Ces relations sont complexes. Elles peuvent être fondées sur la coopération, sur la complémentarité… ou, au contraire, sur la domination et sur l'injustice (Baka et Bailis, 2014 ; Martínez-Alier *et al.*, 2016). Ainsi, certains territoires sont mis au service d'autres, absorbés dans le rythme et dans les besoins des grandes villes. Toutefois, l'inverse existe aussi : des territoires qui inventent leurs propres stratégies métaboliques, qui refusent d'être de simples zones de service ou de sacrifice. Le métabolisme des territoires, c'est donc aussi une question de pouvoir : qui contrôle les flux ? Qui décide de ce qui circule, de ce qui est prélevé, de ce qui est rejeté ? Et surtout : comment rendre ces échanges plus justes ?

Plutôt que d'opposer les villes et les campagnes, les centres et les périphéries, il s'agit donc de reconnaître leurs interdépendances (Charmes, 2023). Les flux de matières et d'énergie tracent des liens invisibles entre les lieux : ce que nous consommons ici est souvent extrait, produit ou transformé ailleurs. Regarder le monde à travers son métabolisme, c'est rendre visibles ces relations cachées et ouvrir la possibilité d'un autre équilibre entre territoires.

À MÉTABOLISME OUVERT

Ce livre est né d'un travail de recherche, mais il ne s'adresse pas seulement aux chercheurs. Il est aussi né d'études sur le terrain : à Nantes et à Göteborg, deux villes portuaires prises dans les logiques mondiales de la circulation ; aux Comores et en Nouvelle-Calédonie, deux îles où les flux de subsistance (matériaux, énergie, nourriture) deviennent parfois des chaînes de vulnérabilités. Ces lieux racontent des réalités différentes, mais une même histoire qui est celle d'un monde de flux, où chaque territoire est traversé, dépendant, exposé.

Pour comprendre cela, il m'a fallu croiser les disciplines que sont la géographie, l'écologie, l'économie, l'urbanisme, l'ingénierie, et surtout me laisser bousculer par leurs regards croisés. Car penser le métabolisme des territoires, c'est aussi dépasser ses propres frontières intellectuelles et éviter l'écueil du réflexe disciplinaire, visant à discréditer ce qui n'est pas semblable à ses propres habitus de recherche. Ces croisements sont donc une nécessité indispensable pour comprendre notre monde matériel et social.

Ce travail cherche donc à créer un dialogue entre différentes manières de comprendre le monde, entre plusieurs écologies scientifiques : celles qui viennent des sciences de la nature, et celles issues des sciences sociales. En effet, il ne s'agit pas seulement d'ajouter des données, mais de croiser des regards. L'enjeu est de dépasser deux visions limitantes : le constructivisme social, qui considère tout comme social comme si la nature n'existait qu'à travers les humains, et l'essentialisation naturaliste, qui affirme que tout est physique et matériel et qui ne voit dans le monde qu'une réalité technique, mesurable, détachée des rapports humains. Entre ces deux pôles, une approche socio-matérielle cherche à comprendre la ville et les territoires comme de véritables écosystèmes sociaux, où la matière et les relations humaines s'entremêlent. Cette perspective est donc bien celle de suivre les flux, comme l'approche *follow the thing* inspirée des études matérielles

(Choplin, 2020a), avec un point de vue social et dans l'espace, mais en y associant une entrée physique importante.

Étudier le métabolisme ne revient donc pas seulement à suivre des tonnes de matières ou des kilowattheures, mais c'est aussi suivre les histoires qu'il transporte et ses effets sociaux et politiques. Observer ces flux, c'est comprendre comment les sociétés se transforment, comment les inégalités se fabriquent et comment certaines manières de faire monde deviennent insoutenables. L'idée n'est donc pas de choisir entre la science de la nature et la réflexion sociale, mais de les faire dialoguer. Car, au fond, raconter le métabolisme des territoires, c'est raconter l'histoire matérielle et vivante de nos sociétés, c'est-à-dire une histoire où l'environnement et les humains ne peuvent plus être pensés séparément.

L'ouvrage est structuré en six chapitres. Il montre donc l'histoire cachée de nos flux, afin de faire voyager le lecteur dans les coulisses matérielles du monde, en partant de gestes simples de consommation pour remonter vers les territoires, vers les infrastructures et vers les inégalités qu'ils cachent. Dans le chapitre 1, nous nous attacherons à développer cette idée qui circule : le métabolisme, des flux aux territoires. Il s'agira de présenter les trois écologies du métabolisme, vers une possible construction interdisciplinaire. L'accent sera mis sur les conflits épistémologiques et sur les apports croisés des différentes écoles du métabolisme. Dans le chapitre 2, nous montrerons comment penser la ville à travers ses flux. En effet, les spatialités du métabolisme urbain abordent différents types d'échanges entre ville et nature. Une analyse bibliométrique sera destinée à montrer également comment la recherche évolue et quels sont les chantiers à venir, notamment dans le chapitre 3 dans lequel nous évoquerons la notion d'inégalité socio-métabolique. La question des infrastructures sera également soulevée en lien avec l'accès aux ressources et avec la justice environnementale, pour poser les bases d'une interdisciplinarité située du métabolisme. Le chapitre 4 nous aidera à nous appuyer sur ces notions pour interroger les tensions des métropoles intermédiaires qui développent des politiques urbaines pionnières en matière d'économie circulaire : Nantes et Göteborg. En effet, ces villes dites « circulaires » présentent de fortes contradictions quand on étudie notamment le rôle des infrastructures et le lien avec leurs *hinterlands*. Enfin, dans le chapitre 5, nous mettrons en évidence les spécificités des métabolismes insulaires, aux Comores et en Nouvelle-Calédonie : entre flux contraints, dépendances et vulnérabilités. Il s'agira aussi de montrer les liens entre colonialité et matérialité. La conclusion aboutira à une réflexion sur la vie sociale des flux métaboliques et sur la rupture du régime dominant.

Chapitre 1
Une idée qui circule : le métabolisme, de la critique du capitalisme à l'écologie de la ville

Le concept de « métabolisme urbain » est un objet-frontière qui permet d'explorer les frictions entre épistémologies, méthodologies et cadrages disciplinaires variés. Il est pensé différemment selon trois écologies principales : l'écologie industrielle, l'écologie sociale et l'écologie politique urbaine. Ces courants, bien que distincts, partagent un objectif commun : comprendre comment les sociétés humaines transforment et sont transformées par les flux de matières et d'énergie.

Dans ce chapitre, nous proposerons une lecture transversale des enjeux socio-métaboliques, en nous appuyant sur les apports de ces trois écologies. Plutôt que de décrire successivement chaque courant théorique, nous aborderons d'abord les critiques métaboliques du capitalisme et du productivisme, puis les efforts pour quantifier et modéliser le métabolisme, avant d'explorer les pistes de réparation et de refondation des sociétés.

CRITIQUES MÉTABOLIQUES DU CAPITALISME ET DU PRODUCTIVISME : DU XIX^{E} SIÈCLE À NOS JOURS

La rupture métabolique : controverse chez les éco-marxistes

Les éco-marxistes comme John Bellamy Foster, Paul Burkett et Brett Clark ont développé la notion de « rupture métabolique » pour décrire la dégradation des sols et de l'environnement (Foster, 1999). Cette rupture est liée à l'intensification de l'agriculture, à l'industrialisation et aux déconnexions entre les espaces urbains et ruraux. Marx s'en est inspiré en observant la pollution de la Tamise à Londres dans les années 1870, où les *excreta* urbains, au lieu d'être réutilisés comme engrais, étaient rejetés dans les cours d'eau, rompant ainsi le cycle naturel des nutriments.

Cette rupture est liée à l'aliénation des êtres humains par rapport à leur environnement et à leur propre travail, un processus central dans la critique marxiste du capitalisme. Foster et ses collègues montrent que Marx ne se limitait pas à la critique du cycle des nutriments, mais qu'il analysait aussi la déforestation, la marchandisation des espèces, la pollution industrielle et l'épuisement des ressources. Pour les éco-marxistes, le capitalisme se développe en externalisant ses déchets et ses dégradations environnementales, créant ainsi une crise écologique systémique.

Jason Moore, dans son approche de l'écologie-monde, conteste la théorie de la rupture métabolique. Pour lui, la dégradation de l'environnement n'est pas une conséquence du capitalisme, mais elle est constitutive de son fonctionnement même. Il considère l'opposition entre nature et société comme dépassée : « Premièrement, la théorie de la rupture métabolique — en particulier l'"école de l'Oregon" représentée par John Bellamy Foster,

Brett Clark et Richard York — est fondée sur un paradigme cartésien qui place les crises biophysiques dans une boîte et les crises d'accumulation dans une autre. Selon ce point de vue, la dégradation de l'environnement est une conséquence du développement capitaliste, un résultat du système. Mais elle n'est pas constitutive du capitalisme en tant que système historique[2] » (Moore, 2011, p. 2). Le capitalisme ne se contente pas d'exploiter la nature ; il la produit activement, en intégrant les écosystèmes dans des stratégies d'accumulation. Moore critique ainsi le dualisme cartésien qui sépare les crises biophysiques des crises d'accumulation, et plaide pour une vision post-dualiste où nature et société sont indissociables.

Prenons l'exemple des déchets, tel que l'analyse Moore : chaque nouvelle phase du capitalisme produit toujours plus de déchets, et ceux-ci deviennent toujours plus toxiques. Néanmoins, le capitalisme a cette particularité de savoir transformer certains déchets — même les plus dangereux — en produits commerciaux lucratifs, qu'il vend ensuite à grande échelle.

Cette réflexion sur les déchets s'inscrit dans une vision plus large de Moore : pour lui, il est essentiel de comprendre d'abord ce que la nature apporte au capitalisme, avant d'étudier ce que le capitalisme fait subir à la nature. Elle évoque aussi les résistances face à ces stratégies d'accumulation sans limites, et leurs échecs relatifs. En effet, si les travailleurs ont lutté pour leurs droits, l'exploitation des migrants, des esclaves ou des enfants existe toujours aujourd'hui ; si les écologistes ont mené des combats pour protéger l'environnement, le capitalisme continue de contourner ces protections pour étendre ses zones de destruction. Pour autant, Moore met en garde car il ne faut pas voir les luttes des travailleurs et celles des écologistes comme séparées, alors que ces combats doivent au contraire s'unir.

Cette position post-dualiste, dans la lignée de Bruno Latour, entend surmonter, par des approches hybrides, cette opposition. Ainsi, Moore propose de mettre l'accent sur les caractéristiques écologiques inhérentes à l'urbanisation capitaliste : c'est l'articulation entre les villes, la production et la transformation de la nature et l'émergence d'une économie mondiale intégrée qui est constitutive du métabolisme urbain. Cette position est différente d'une vision dualiste qui ne comprendrait l'économie politique de la ville que dans le sens de productrice de dégradations environnementales.

Pour continuer sur cette controverse, un auteur va à l'encontre des théories post-dualistes comme celles de Moore. Il s'agit d'Andreas Malm dans son ouvrage *The Progress of this Storm. Nature and Society in a Warming World* (Malm, 2018). Prenant l'exemple du dérèglement climatique, il commence son argumentation par le principe d'une indépendance des processus climatiques qui sont incontrôlables par les sociétés humaines. Il explique que, si le climat était contrôlable, les techniques de géo-ingénierie fonctionneraient. C'est donc bien les processus climatiques qui provoquent un déséquilibre métabolique, entendu comme relation du climat vis-à-vis des sociétés. Selon Malm, la nature n'est donc probablement pas si irréductible aux processus sociaux et elle a sa propre autonomie. Le métabolisme est donc bien le produit de mises en commun entre nature et société, mais aussi de leurs processus autonomes. En revanche, il exclut dans ses propositions toute initiative sociale

2. Traduction de la citation suivante : « *First, the theory of metabolic rift – especially the "Oregon school" represented by John Bellamy Foster, Brett Clark, and Richard York – is grounded in a Cartesian paradigm that locates biophysical crises in one box, and accumulation crises in another. Environmental degradation, in this view, is a consequence of capitalist development, an output of the system. But it is not constitutive of capitalism as a historical system.* »

d'alternatives, préférant développer des positions très fermes sur la réduction des impacts environnementaux de manière unilatérale par l'intervention de l'État.

Au-delà de la description de la rupture métabolique, quelles ouvertures et perspectives pour la réparer ? Gilbert Rist fait une critique acerbe des débouchés politiques de la révolution écologique du métabolisme social par Foster : « On se dirige plutôt vers une sorte de "capitalisme vert" qui atténue les excès et les nuisances du productivisme sans véritablement s'attaquer au système lui-même » (Rist, 2018). En effet, derrière l'analyse du problème de l'accumulation dans le métabolisme social actuel, il manque la remise en cause des racines du productivisme, et donc la réduction de la consommation et de la production, que l'économie socialiste de Foster ne pourrait résoudre. De même, l'économie planificatrice d'Andréas Malm souffre des mêmes apories, le conduisant, dans son combat contre les énergies fossiles, à évoquer les potentialités des technologies du stockage du carbone et de la géo-ingénierie tout en assumant de ne pas en maîtriser les contours[3].

Productivisme et alternatives : décroissance, anarchisme et écoféminisme

Face aux critiques évoquées précédemment, plusieurs courants proposent des alternatives radicales :

– la décroissance : Kohei Saito, dans « Marx and Engels: The intellectual relationship revisited from an ecological perspective » et *La nature contre le capital* (Saito, 2021), réhabilite l'antiproductivisme de Marx en s'appuyant sur les *Grundrisse*[4]. Il identifie trois dimensions métaboliques (naturelle, spatiale et temporelle) et propose un communisme décroissant, où la réduction de la production et de la consommation permettrait de restaurer les équilibres écologiques. Saito met en lumière les déplacements métaboliques (externalités technologiques, échanges écologiquement inégaux, décalages temporels des crises) qui masquent les impacts réels du capitalisme. Selon Saito, il y est élaboré une véritable théorie du métabolisme, qui conduit à l'identification de trois dimensions métaboliques :

> « La théorie du métabolisme de Marx s'intéresse à la manière dont le procès écologique naturel du métabolisme universel de la nature, en tant que condition matérielle fondamentale de la reproduction, est réorganisé sous la médiation de second ordre du métabolisme social. Il existe une grave tension entre le métabolisme social et le métabolisme naturel, et Marx a mis en garde contre les conséquences négatives de leur perturbation. Il ne se contentait cependant pas de reconnaître l'existence de la rupture, mais il s'intéressait bien davantage à la manière dont la rupture apparaît dans la nature et dont elle se répartit de manière disproportionnée dans l'espace et le temps » (Saito, 2021) ;

– l'anarchisme et l'écologie sociale : Murray Bookchin et Patrick Geddes ont imaginé des sociétés dans lesquelles le métabolisme serait créatif et non destructeur. Geddes, par exemple, proposait de remplacer l'économie monétaire par une économie fondée sur l'énergie et sur les ressources, où les villes deviendraient des écosystèmes autonomes. L'anarchisme de Bookchin récuse le productivisme métabolique et les rapports de

3. À écouter notamment dans l'interview disponible en ligne : https://www.arte.tv/fr/videos/103447-003-A/climat-qui-a-allume-le-feu/

4. Il s'agit de manuscrits de 1857-1858, rédigés par Karl Marx, qui sont une introduction générale à la critique de l'économie politique.