

SCIENCE
OUVERTE

Seuil



BERNADETTE BENSAUDE-VINCENT
SACHA LOEVE

Carbone

Ses vies, ses œuvres

CARBONE

Ouvrages publiés par
Bernadette Bensaude Vincent

Éloge du mixte
Matériaux nouveaux et philosophie ancienne
Hachette littératures, 1998

Cent mots pour commencer à penser les sciences
Seuil, 2003

Se libérer de la matière ?
Fantasmes autour des nouvelles technologies
INRA, 2004

Faut-il avoir peur de la chimie ?
Les Empêcheurs de penser en rond, 2005

Bionanoéthique
R. Larrère/V. Nurock/Vuibert, 2008

Matière à penser
Essais d'histoire et de philosophie de la chimie
Presses de Paris Ouest, 2008

Les Vertiges de la technoscience
Façonner le monde atome par atome
La Découverte, 2009

Fabriquer la vie
Où va la biologie de synthèse ?
Seuil, « Science ouverte », 2011

Histoire de la chimie
(*en collaboration avec Isabelle Stengers*)
La Découverte, 2013

L'Opinion publique et la science
À chacun son ignorance
La Découverte, 2013

La Science populaire dans la presse et l'édition
XIX^e et XX^e siècles
(*en collaboration avec Anne Rasmussen*)
CNRS Éditions, 2017

BERNADETTE BENSAUDE VINCENT
SACHA LOEVE

CARBONE

Ses vies, ses œuvres

OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DU LIVRE

ÉDITIONS DU SEUIL
25, bd Romain-Rolland, Paris XIV^e

ISBN 978-2-02-132662-8

© Éditions du Seuil, octobre 2018

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.seuil.com

PROLOGUE

Pourquoi une biographie du carbone

Dans les journaux comme dans les négociations sur le changement climatique, le carbone est à la une : il s'agit de développer du bas-carbone, voire du zéro-carbone, de décarboner l'économie comme les technologies – le verbe est même entré au Larousse ! Voilà, semble-t-il, l'ennemi à abattre (littéralement : à mettre à terre) pour tenter d'assurer l'avenir de l'humanité. Parmi tous les gaz à effet de serre responsables du réchauffement de la planète, c'est le dioxyde de carbone qui est toujours montré du doigt, mis en accusation.

Qu'un élément aussi abondant, omniprésent et familier que le carbone puisse devenir l'ennemi public numéro un n'est pas l'un des moindres paradoxes de la crise du climat. Omniprésent dans les médias, le carbone est, de fait, aussi omniprésent dans notre environnement le plus quotidien. Quand on remonte le temps, on trouve des carbones dans tous les domaines de l'industrie humaine. Des carbones high-tech, des carbones antiques, des carbones électriques et même des carbones antiseptiques. Les fibres de carbone, prisées pour les propriétés de résistance et de légèreté qu'elles confèrent aux matériaux composites où elles sont intégrées, avaient déjà connu un succès industriel avec les premières ampoules électriques d'Edison et Swan à filaments carbone, obtenus par carbonisation de coton et de bambou. Le bitume, un hydrocarbure contenant 80 % de carbone et formé à partir de plancton lentement accumulé dans les bassins sédimentaires, était déjà utilisé par les anciens Égyptiens pour le revêtement des routes, des bateaux, des canaux, des barrages et des réservoirs. Avant d'enduire les rues de Londres et de Paris vers

1820, l'asphalte – un mélange de bitume et de granulats – servait de liant pour les pigments des peintres et des graveurs. Charbon et bitume ont des propriétés antiseptiques bien connues des Anciens : les Phéniciens carbonisaient les tonneaux des navires commerciaux pour préserver l'eau potable pendant leurs longs voyages en mer ; les Égyptiens traitaient les cavités dentaires avec un mélange de bitume et d'argile. L'alliance de l'humain et du carbone s'est donc nouée de longue date, bien avant la révolution industrielle.

Le *curriculum vitae* du carbone est prestigieux. Ses travaux et accomplissements vont de l'énergie stellaire à la biologie terrestre en passant par l'industrie chimique. Né dans les étoiles, le carbone catalyse les réactions de fusion nucléaire par lesquelles le Soleil convertit l'hydrogène en hélium*. C'est donc par lui que le Soleil brille. Quatrième élément le plus abondant dans l'univers après l'hydrogène, l'hélium et l'oxygène, il est aussi le deuxième par sa masse dans le corps humain après l'oxygène. Avec le carbone « notre corps va jusqu'aux étoiles¹ » et les étoiles jusqu'à nos corps, car cet élément présent dès l'origine de notre système solaire est aussi la base chimique – le squelette moléculaire – de toute vie connue. Outre l'histoire commune que nous partageons avec cette substance familière, le carbone est aussi l'un des éléments les plus étudiés. La chimie du carbone est en effet très ancienne, avec des applications allant de la joaillerie au chauffage, en passant par la métallurgie, le textile, la pharmacie, l'électronique et les technologies vertes. On compte actuellement plus de dix millions de composés carbonés différents, connus ou synthétisés.

Le carbone bat des records de récompenses. Les prix Nobel de chimie décernés successivement à Victor Grignard (1912), Otto Diels et Kurt Alder (1950), puis Herbert Brown et Georg Wittig (1979) célèbrent chacun à leur manière le carbone comme génie de la chimie. Ces noms sont aujourd'hui ceux de réactions de routine qui composent la boîte à outils de base du chimiste organicien. Le prix Nobel de chimie de 1960 octroyé à Willard F. Libby honore le

* Cycle carbone-azote-oxygène : principale source d'énergie des étoiles de taille égale ou supérieure au Soleil.

carbone 14 utilisé pour la datation en archéologie ; le prix Nobel de chimie de 1996 octroyé à Robert F. Curl Jr., sir Harold W. Kroto et Richard E. Smalley honore la découverte des fullerènes. Un prix norvégien, le Kavli en nanosciences, revient aux nanotubes et à Sumio Iijima, en 2008. En 2010, c'est le prix Nobel de physique attribué à Andrei Geim et Konstantin Novoselov qui célèbre le graphène.

Beau palmarès ! Mais présenter le *curriculum vitae* d'un élément chimique, est-ce autre chose qu'une métaphore ? Il est certes courant de personnifier les éléments chimiques à des fins pédagogiques ou de communication. Certains écrivains scientifiques manient avec bonheur cet artifice rhétorique pour animer la table périodique. Ainsi par exemple, dans un best-seller Sam Kean présente la table périodique comme un livre d'histoires mettant en scène des personnages qui s'allient ou se font la guerre. Kean souligne le contraste entre l'agressivité de l'oxygène qui dicte ses volontés aux autres atomes et le sympathique carbone qui n'est pas très regardant pour former des liaisons parce qu'il lui manque quatre électrons pour remplir sa couche externe et satisfaire la règle de l'octet². Mais notre propos n'est pas de faire de la vulgarisation de la chimie. Nous voulons certes raconter des histoires à propos du carbone, mais il ne s'agit pas de rapporter tous les comportements des éléments à leur structure atomique.

Dès lors, si l'enjeu est d'avoir recours au style narratif qu'autorise le genre biographique, « monographie » ne serait-il pas un terme plus approprié pour désigner un livre centré sur un unique objet ? Car, s'il est vrai que le carbone constitue l'une des briques élémentaires de tout vivant, il n'est pas vivant et n'a pas, à proprement parler, une vie à lui. Parler de « biographie du carbone », n'est-ce pas ignorer les limites entre le vivant et le non-vivant ? Pire encore, n'est-ce pas bafouer la distinction aristotélicienne entre deux sens du mot « vie » : *zoê* (le phénomène général de la vie caractérisé par la génération et la corruption, la vie et la mort) et *bios* (la vie d'individus moraux et politiques, la *vita activa*)³ ?

Transgresser ces frontières entre existence biologique et existence politique, entre nature et culture, voilà précisément ce que le

carbone nous oblige à faire. Car cet élément naturel est tout autant un héros de notre culture. S'il est vrai que la civilisation humaine commença dans la préhistoire avec le feu, de par son nom même le carbone – qui dérive du latin *carbo* (braise) et du radical indo-européen *ker* (brûler) – constitue un échangeur entre nature et culture, un point de rencontre entre l'histoire naturelle et l'histoire culturelle. Depuis les pictogrammes tracés au charbon de bois sur les parois des cavernes préhistoriques jusqu'aux promesses des nanotechnologies du carbone pour le XXI^e siècle, l'humanité semble avoir signé un pacte avec le carbone.

S'agit-il alors de narrer les tribulations d'un antihéros, le méchant, le mauvais génie qui, sous forme d'énergie fossile enfouie sous terre, aurait séduit et perdu le genre humain ? Une biographie du carbone pourrait le camper comme un être diabolique qui aurait signé un pacte avec l'humanité depuis qu'elle a maîtrisé le feu. L'histoire de l'humanité serait ainsi le récit de la domestication du carbone qui culmine dans la révolution industrielle, avec l'extraction par tonnes du carbone enfouie dans le sous-sol, le choix du « moteur à feu » et des machines alimentées par charbon ou pétrole qui constituent la cohorte de nos innombrables « esclaves énergétiques⁴ ». Après avoir extrait, brûlé et consommé des volumes gigantesques de charbon, de pétrole ou du gaz d'hydrocarbures, l'humanité chercherait désespérément à faire rentrer le diable dans sa boîte, à séquestrer le carbone répandu dans l'atmosphère pour respirer à nouveau⁵ ! Ce grand récit, lourd de réminiscences mythiques – de Prométhée voleur du feu au pacte de Faust avec le diable – pourrait servir de leçon de morale pour dénoncer l'*hubris* des technologies et favoriser l'essor des énergies dites propres.

Mais cette histoire édifiante pour enfants sages ferait injure aux multiples facettes du carbone. Car le carbone est polymorphe. Rien que dans son état élémentaire (carbone et rien d'autre), il est capable de se lier avec lui-même en de multiples guises, adoptant une structure tantôt cristalline (graphite, diamant, lonsdaléite), tantôt amorphe ou nanostructurée (carbone vitreux, noir de carbone, nanomousse), ou encore des structures hétérogènes présentant divers degrés d'ordre et de désordre (charbon de bois, suie, coke). Ces

corps sont tous des *allotropes* du carbone, du grec *allos*, « autre », et *tropos*, « manière », des *manières d'être* multiples. Ainsi, d'un point de vue chimique, diamant et graphite sont constitués d'atomes de carbone identiques. Seul diffère leur mode de liaison*. Or le carbone signe ici deux corps aux propriétés et comportements tout en contrastes : le diamant est dur et translucide, le graphite friable, fragile et opaque ; le diamant est abrasif, le graphite lubrifiant ; leurs propriétés optiques et électroniques sont très différentes. Pourtant, ces propriétés diamétralement opposées sont toutes des *signatures* du carbone. Drôle d'individu...

En outre, le carbone aujourd'hui désigné comme le vilain qui empoisonne notre atmosphère s'offre aussi comme remède. Songez aux propriétés dépolluantes des charbons actifs. Carbone contre carbone... Mais ce n'est pas seulement un Janus à deux faces car plusieurs figures du carbone sont mobilisées comme traitements aux maux engendrés par le carbone. Songez à toutes les promesses associées aux nanotubes de carbone, ces merveilleuses formes allotropiques du carbone découvertes en 1991 qui sont cent fois plus résistantes que l'acier pour un poids divisé par six, et supportant de hautes températures... Songez au graphène, le feuillet individuel d'atomes de carbone isolé en 2004, qui a des propriétés extraordinaires de résistance comme de conductivité électrique. Ces matériaux du futur sont censés livrer des solutions à tous nos problèmes : de l'électronique rapide, souple, sobre en matière et pas chère, des médicaments vectorisés comme des missiles sur leurs cibles, des énergies renouvelables... Bref le carbone à l'état nano doit nous aider à décarboner l'économie !

Paradoxalement, l'un des principaux dispositifs de lutte dans la crise du climat est encore fourni par le carbone. C'est en effet le dioxyde de carbone (CO₂) qui sert d'étalon de mesure et de

* Pour le graphite, empilement de feuillets d'atomes de carbone hexagonaux liés entre eux par des forces faibles dites de van der Waals ; dans chacun de ses feuillets, appelés graphènes, chaque atome de carbone est lié à trois voisins ; pour le diamant, structure cubique à faces centrées où chaque atome de carbone est lié à quatre voisins.

comparaison de tous les gaz contribuant à l'effet de serre*. Pour évaluer quantitativement cette contribution, chacun de ces gaz est affecté d'un indice, le « potentiel de réchauffement global d'un gaz » (PRG). Or cet indice se base sur l'unité de comptage $\text{CO}_2 = 1$ sur un siècle. Le carbone joue donc un rôle clé d'outil de commensuration : il fournit une commune mesure, il offre une prise à la quantification. Il permet à la fois de comparer les gaz à effet de serre entre eux et de comparer *nos actions* entre elles : prendre l'avion, planter un arbre, acheter une côte de bœuf, envoyer un e-mail, assister à un match de foot. Tout cela peut être mis en équivalence pour établir des bilans carbone et entrer dans une comptabilité universelle et démesurée, dimensionnée à l'échelle du système Terre⁶. Ce qu'on appelle « l'équivalent carbone » est aujourd'hui la principale monnaie d'échange entre l'industrie humaine et la planète dans un commerce qui comprend des transactions financières telles que la compensation carbone et les échanges de crédits carbone. Le carbone devient ainsi un équivalent général et un outil de calcul et d'action pour réguler nos échanges avec l'environnement.

Les alliances que les sociétés humaines ont nouées avec le carbone sont multiples, et ne se limitent pas au « choix du feu⁷ ». Dès l'aube de l'humanité, la destinée du carbone semble être liée à *l'écriture*, à ses modes d'inscription, de fixation, de standardisation et de circulation. Du charbon utilisé pour les dessins inscrits sur les parois des cavernes au crayon de graphite (de *graphein*, « écrire ») puis aux puces électroniques au graphène, des pointes de diamant comme outils de gravure au « code de la vie » basé sur un squelette carboné, du tableau périodique des éléments aux bilans carbone, des tatouages au noir de fumée d'Ötzi l'Homme des glaces (- 5 200 ans) au potentiel de réchauffement climatique mesuré en équivalent carbone, en passant par la chronodation au carbone 14, tout se passe comme si le carbone offrait aux

* Ensemble des gaz ayant la propriété d'absorber les rayonnements infrarouges : acide carbonique, ozone, vapeur d'eau, méthane, oxyde nitreux, particules de suie ou « carbone noir » (*black carbon*), hexafluorure de soufre, et de nombreux halocarbures tels que les chlorofluorocarbones.

humains des manières d'inscrire leur histoire dans des temporalités naturelles, technologiques et cosmiques infiniment plus petites ou plus grandes qu'eux.

Soit donc à conjuguer tous ces temps, à brasser des histoires hétérogènes en déployant quelques figures et aventures du carbone. Ce livre ne constitue pas, en effet, une biographie au sens d'un récit chronologique, allant de la naissance à la mort d'un individu. Il pourrait certes raconter la trajectoire de vie d'un atome de carbone depuis sa naissance dans les étoiles jusqu'à nos jours (sans anticiper sa mort). Tel est le genre de récit qu'esquisse Primo Levi dans le dernier chapitre de son livre *Le Système périodique*, un genre repris par plusieurs scientifiques-écrivains⁸. Le carbone se prête à ces récits centrés sur l'atome : « moi, atome de carbone, je vais de par le monde... il m'arrive ceci, puis cela, etc. ». Très efficace sans doute pour mettre en relief l'inscription de l'histoire humaine dans la dynamique du système Terre, une telle biographie présuppose que l'identité du carbone se résume aux atomes de carbone. La nature du carbone est considérée comme donnée, fixée par la structure de ses atomes, et on engage ensuite ces entités dans les périples d'une histoire.

Ce livre propose une tout autre perspective sur le carbone. Loin de présupposer d'entrée de jeu qu'il est une substance naturelle bien définie par la nature et la structure de ses atomes, on commence par se demander comment cet être est advenu à l'existence. Comment en est-on venu à rassembler sous un même élément des choses aussi diverses que les émanations nauséabondes connues depuis l'Antiquité sous le nom d'« air méphitique* », le noir charbon et le cristal de diamant, symbole de pureté et de durabilité ? Comment est-on parvenu à connaître la structure des atomes de carbone et à comprendre leurs modes de liaison ? Il s'agit d'abord de se demander comment le carbone est devenu l'élément chimique que caractérisent tous les livres de sciences, comment il a pu inspirer une chimie pour lui tout seul, et comment il ne cesse encore aujourd'hui de

* Notre dioxyde de carbone, mélangé à quelques fumets de sulfure d'hydrogène.

réserver des surprises qui alimentent les prix Nobel. Mais il s'agit aussi de se demander *de quelle manière il est* quand on dit qu'il est un élément, un matériau, un gaz, un dispositif, une monnaie d'échange ou une trace de crayon.

Car cette biographie n'accorde point de priorité à la définition chimique du carbone. On postule que la *vita activa* du carbone est aussi finement comprise et décrite par sa participation à l'essor de la civilisation, de la révolution industrielle et de la société de consommation. On ne cherche pas à préciser *ce qu'il est* (sa nature) mais *de quelle manière il est* (ses *modes d'existence*⁹). Aussi s'attache-t-on à déployer la diversité des modes d'existence du carbone – chimique, géologique, biologique, culturel, technique, économique, géopolitique... – sans présupposer une strate ontologique fondamentale qui sous-tendrait cet éventail de manifestations. Bref, cette biographie est une façon d'expérimenter sur le cas du carbone un nouveau style de métaphysique. Elle invite à troquer la vieille ontologie pour une *ontographie*. À la différence de l'ontologie, science générale de l'être, qui vise à ordonner les entités composant l'univers dans les rets d'une grande théorie, l'ontographie s'attache plutôt à mettre en récit les façons d'être des choses singulières. Elle déploie l'éventail de relations que celles-ci tissent autour d'elles et entre elles, ainsi que les modes d'inscription qu'elles offrent à nos pratiques matérielles et symboliques.

Le pari de ce livre est que le style narratif l'emporte sur le discours argumentatif quand il s'agit non de défendre une thèse, mais d'ouvrir les yeux sur le monde où nous vivons pour tenter de démêler les problèmes en dépassant les grands discours ou les formules passe-partout comme « décarbonation » ! Place donc aux récits, aux histoires.

PARTIE I

L'invention du carbone

Mephitis

Il est un lieu illustre, au cœur de l'Italie, au pied de hautes montagnes, renommé en maintes contrées : la vallée d'*Amsanctus*. De ses épaisses frondaisons, un bois sombre l'enserme sur ses deux flancs. Au milieu, un torrent sinueux et tourbillonnant fait tonner les roches. On désigne là un antre horrible et les soupiraux sauvages de Dis ; un gouffre profond, faille de l'Achéron, ouvre sa gueule empestée. Là se cache l'Érinye*, déesse honnie soulageant la terre et les cieux de son odieuse présence¹.

Ainsi Virgile décrit-il dans l'*Énéide* l'ensemble de sources et de fumerolles de la vallée d'Asanto (anciennement *Amsanctus*), près des monts Hirpins en Campanie, Italie centrale (figure 1). Le site comprend le petit lac des Soufflards (*laghetto dei soffioni*) en constante ébullition, une saignée, le *Caccavo*, et un ravin dans lequel le Caccavo crache ses eaux, le *Vado mortale*. Les Samnites, tribu de langue osque établie en Italie centrale du VII^e au III^e siècle avant notre ère, y auraient édifié un temple consacré à une déesse préromaine des exhalaisons, des sources volcaniques, des cavernes et des fumerolles : Mephitis.

Le nom est resté dans la désignation du lieu, la *Mefite di Rocca San Felice*. Par métonymie, on parlera aussi de « mofettes » pour désigner les fumerolles. L'adjectif « méphitique » sera aussi employé

* Dis est un dieu romain des enfers assimilé à Pluton, l'Achéron est le fleuve souterrain menant au royaume des morts, et les Érinyes sont des divinités persécutrices.



Figure 1. Le Lacus Mephiticus et ses alentours. Vincenzo Maria Santoli, *Roccae Sancti Felicis. De Mephti et Vallibus Anxanti, Libri Tres*, Naples, 1783.

pour qualifier l'« air », l'« esprit » ou plus tard, le « gaz » que nous désignons aujourd'hui sous le terme de « dioxyde de carbone ». Il portera aussi les noms d'« esprit létal » ou « mortifère », d'« esprit sylvestre » ou « sauvage », ou encore d'« air fixe », « déphlogistiqué » ou « pourri »...

La Méfite n'a rien perdu de son activité. C'est l'une des sources naturelles constantes de dioxyde de carbone les plus abondantes sur Terre. Des études géophysiques récentes montrent que les eaux du lac de Méphite proviennent de plusieurs kilomètres sous terre, d'un substrat de carbonates riches en poches de gaz comprimés et relâchées lors d'événements tectoniques datant du Messinien (entre 7 et 5 millions d'années)². Cette poche émet en moyenne 2000 tonnes de gaz par jour, dont du dioxyde de carbone (CO₂), mais aussi du méthane (CH₄) et du sulfure d'hydrogène (H₂S). C'est le soufre de ce dernier – et non le carbone – qui donne à la Méfite son odeur caractéristique d'œuf pourri. Les deux premiers

gaz carbonés sont invisibles et inodores, mais ils n'en sont pas moins actifs.

Virgile, dans sa description, insiste sur le caractère spectaculaire et effrayant du lieu. Et pour cause ! Le danger du site est bien réel, tout particulièrement en absence de vent. De nos jours, un panneau avertit les curieux : « *pericolo di morte* ». On y trouve fréquemment des cadavres d'oiseaux et de petits mammifères, venus par mégarde s'y abreuver. De nombreux incidents humains ont été rapportés au cours des siècles. Dans les années 1990, trois personnes y trouvèrent la mort. Aujourd'hui, la Méfite est parfois traitée comme un analogue naturel, un modèle grandeur nature de CO₂ qui « fuit »³ pour l'étude des risques de fuite dans de futurs sites de stockage géologique.

Les mots et la chose

Est-il permis de tenir Mephitis pour une personnification ancestrale de notre moderne dioxyde de carbone⁴ ? Et cela implique-t-il que seuls les *noms* changent tandis que la chose demeurerait identique ?

Les deux êtres – la déesse et la substance chimique – répondent assurément à des critères d'identification très différents : d'un côté, une indomptable puissance surnaturelle ; de l'autre, une substance chimique bien définie et caractérisée. Considérer Mephitis comme un nom utilisé par les Romains pour « désigner » le dioxyde de carbone serait tout simplement anachronique. D'abord, le terme gaz n'existe pas. Les Latins utilisent *spiritus*, qui traduit le grec *πνεῦμα* (*pneuma*) : exhalaison, souffle, respiration⁵. Ensuite, ils ne distinguent pas, parmi ces « souffles », ceux qui sont composés de carbone et ceux qui sont composés de soufre (ces derniers étant justement responsables de l'odeur qualifiée de « méphitique »). Enfin, si le latin *carbo* (brûlé) est attesté comme signifiant « braise » ou « charbon », les Anciens ne semblent en aucun cas l'associer aux souffles de Mephitis.

Ce serait également confondre différents modes d'inscription

dans l'espace et donc commettre un « anatopisme ». D'un côté un génie local associé à des lieux singuliers, de l'autre, une entité mobile, déterritorialisée, globalisée voire universalisée – en un mot, moderne. Mephitis est associé à *des* climats particuliers, le CO₂ au climat tout court.

Il serait donc tout aussi anachronique qu'anatopique d'affirmer que les Anciens se représentaient « métaphoriquement » ce qui était « réellement » du dioxyde de carbone sous les traits d'une déesse. Cela reviendrait à ignorer les phénomènes bien réels qui se déroulaient dans les lieux associés à la déesse tout en laissant croire que notre moderne CO₂ – ce mauvais génie sorti de sa boîte – serait, lui, purgé de toute connotation métaphorique. Non, Mephitis n'évolue ni dans le même temps ni dans le même espace que le dioxyde de carbone. Les deux termes ne sont pas substituables l'un à l'autre⁶.

Et pourtant, lire les récits sur Mephitis comme s'ils parlaient du dioxyde de carbone nous paraît constituer un geste narratif riche de sens pour notre enquête sur les modes d'existence du carbone. Encore faut-il préciser pourquoi.

C'est pour inscrire cette chose dans un monde où terres et airs s'échangent que nous souhaitons rapprocher les deux termes. Mephitis n'est pas un nom qui désigne ou représente un gaz particulier. C'est une manière de relater, de mettre en récit une action puissante, un souffle effrayant qui rend un lieu inhospitalier, inhabitable. C'est une *signature* à travers laquelle le gaz s'inscrit dans le monde en marquant des lieux à part, des *hétérotopes*. Il s'agit donc moins de voir en Mephitis la source ou l'origine du concept moderne de CO₂ que de raconter comment, en *signant des lieux de mémoire*, le souffle de Mephitis s'est inscrit dans le langage et la culture populaires, puis réinscrit dans les savoirs opératoires des chimistes ou encore dans l'actuelle crise du climat.

Un génie des lieux

Quel genre de déesse était Mephitis ? Elle n'est pas considérée comme une divinité majeure du panthéon latin, peut-être en raison

PARTIE III
Les temporalités du carbone

15. Cosmogonie carbone	223
Dans la nuit des temps	224
Carbone improbable	226
Carbone anthropique ?	232
Carbone terrien !	236
Cycles multiples	239
16. Turbulences dans la biosphère	243
Carbone redox	243
Carbone égoïste ?	246
Un lieu de brassage	248
Star des océans : Emiliana Huxleyi	249
Le potentiel des sols	252
17. Repenser le temps à l'aide du carbone	259
Anthropocène	259
Un grand récit	263
La flèche du temps accélérée	265
Détricoter les échelles	268
Multiples temporalités	273
ÉPILOGUE. Les hétéronymes du carbone	279
Histoires de génies	280
Une pluralité de modes d'existence	281
Ontographie	284
Qui est carbone ?	289
Références bibliographiques	295
Index des figures du carbone	325
Index des noms de personnes	329
Index des thèmes et matière	333
Remerciements	343



RÉALISATION : PAO ÉDITIONS DU SEUIL
IMPRESSION : NORMANDIE ROTO IMPRESSION S.A.S. À LONRAI (61)
DÉPÔT LÉGAL : OCTOBRE 2018; N° 132659 (00000)
Imprimé en France