



LES FAISANS D'UN ÉLEVAGE sont protégés par certains textes juridiques ; mais dès qu'ils sont lâchés pour les besoins de la chasse (a) et deviennent « sauvages », plus aucune loi ne les protège, même s'il s'agit des mêmes individus : les faire souffrir n'est alors plus illégal. Une souffrance dont les signes physiologiques et comportementaux ne sont faciles à repérer que chez les mammifères (b) et les oiseaux.

textes de loi des contradictions que le récent amendement vise à amoindrir.

Pour le Code rural, depuis 1976, l'animal détenu par l'homme est explicitement reconnu comme un être sensible. Pour le Code pénal, la reconnaissance est seulement implicite : les mauvais traitements ou les actes de cruauté sur les animaux domestiques sont punis.

Le Code civil restait en retrait. Les animaux y étaient considérés comme des biens (qui peuvent selon les cas être déplacés ou non lorsqu'ils sont attachés à un fonds pour leur exploitation), certes différents des corps inanimés et des objets tels que tables et chaises, mais sans que leur sensibilité soit clairement affirmée. Ce sera chose faite si la modification proposée est entérinée et les animaux seront alors considérés comme des « êtres vivants doués de sensibilité ».

La cohérence de nos textes en sera alors améliorée. Mais cette cohérence demeure timide, car les animaux restent considérés comme des biens, certes dotés d'un corps sensible, mais que l'on peut toujours vendre ou exploiter, des biens auxquels nos textes ne visent pas à donner un statut qui serait en complète rupture avec la « chose ».

Pour les défenseurs des animaux, cette mise en cohérence des textes, si elle va dans le bon sens, reste très insuffisante. Elle continue à entériner de nombreuses dérogations : torture de taureaux pour le maintien d'une tradition locale, chasse de loisir, divers procédés de mise à mort brutale ou de mutilations sans anesthésie, abattages religieux sans étourdissement préalable des animaux (interdits dans plusieurs pays européens pour des raisons morales), etc.

Surtout, les textes qui protègent dans certains cas les animaux détenus par l'homme ne s'intéressent pas du tout aux animaux sauvages, sauf lorsqu'ils sont tenus en captivité ou que leur espèce est menacée d'extinction.

Prenons l'exemple des faisans. La chasse ayant réduit les effectifs de nombreux animaux sauvages, les fédérations de chasse organisent des lâchers, dans la nature, de faisans élevés. Tant qu'ils restent en élevage, ces faisans sont protégés contre tout acte de cruauté ou de maltraitance de la part des humains. Mais dès qu'ils sont lâchés dans la nature, donc considérés comme « sauvages », même s'ils sont, d'une certaine manière, apprivoisés (on dit, techniquement, « imprégnés » à l'homme), ils ne sont plus protégés par aucune loi et peuvent être blessés ou mutilés à souhait.

Pourtant, comme ce sont les mêmes faisans, leur sensibilité n'a pas changé...

La plus grande amélioration de la cohérence des textes serait sans doute la reconnaissance générale, conforme aux connaissances des biologistes, de la sensibilité des animaux, qu'ils soient domestiques ou sauvages, qu'ils vivent en captivité ou en liberté, avec différents degrés selon leurs aptitudes physiologiques et comportementales. La vraie amélioration morale serait une complète remise à plat du statut de l'animal dans nos textes législatifs, qui prenne en compte les données de la biologie et qui permette d'attribuer aux animaux, selon leur espèce, des droits qu'il restera au législateur à définir.

Certes, ce n'est en aucun cas au scientifique de faire les lois ; mais, à l'inverse, aucun législateur sérieux ne peut ignorer les résultats de la science.

Georges CHAPOUTHIER est directeur de recherche émérite au CNRS et membre du conseil d'administration de la Fondation « Droit animal, éthique et sciences ».



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

ENTRETIEN

Copernicus, le futur œil de l'Europe sur la Terre

Entretien avec **Cathy CLERBAUX**

Le 3 avril dernier, une fusée Soyouz a placé sur orbite le satellite *Sentinel-1A*, premier d'une flottille de plus de dix satellites d'observation de la Terre qui seront progressivement mis en service d'ici la fin de la décennie. Les *Sentinel* représentent la composante spatiale du programme *Copernicus*, financé conjointement par l'Union européenne et par

l'Agence spatiale européenne. L'objectif de ce programme de 3,8 milliards d'euros est double. D'abord, livrer des données homogènes et continues sur une décennie au moins, qui feront de l'Europe un acteur de premier plan dans l'observation de la Terre. Ensuite, offrir à tous les citoyens un service d'information en temps réel et de prévision sur la qualité de l'air, l'état des sols, le niveau

des mers ou les catastrophes naturelles. Cathy Clerbaux, directrice de recherche au Laboratoire Atmosphères, milieux, observations spatiales (LATMOS, CNRS/UPMC/UVSQ), a contribué à la conception des instruments de *Sentinel-5* et participe au service Atmosphère du programme *Copernicus*. Elle nous explique ici les enjeux de ce projet ambitieux.



POUR LA SCIENCE

En quoi consistent le programme *Copernicus* et les satellites *Sentinel* ?

CATHY CLERBAUX : La composante spatiale du programme *Copernicus* (ex-GMES) regroupe cinq familles de satellites d'observation de la Terre, les *Sentinel*, qui seront lancés progressivement d'ici la fin de la décennie (une sixième est en discussion). Ils observeront la surface des continents, les océans et l'atmosphère et fourniront des données sur l'évolution des terres cultivées et des zones urbaines, la diminution ou la croissance des forêts, la fonte des glaces, les zones de pêche, les concentrations des gaz à effet de serre, l'augmentation des températures, la qualité de l'air, etc. Ces informations seront notamment utiles pour le suivi des changements climatiques et la gestion des risques naturels.

La seconde composante du programme *Copernicus* est formée par les « services », des dispositifs de traitement qui intégreront les données satellitaires dans des modèles atmosphériques, océaniques, climatologiques, etc., pour fournir

in fine des données directement exploitables. Ces services, destinés aux scientifiques, aux institutions et aux citoyens, se répartissent en six grands thèmes : Terre, Mer, Atmosphère, Situations de crise, Sécurité et Climat.

PLS

Qu'est-ce qui différencie les missions *Sentinel* des missions existantes d'observation de la Terre ?

C. C. : Aujourd'hui, un ensemble de satellites couvrent les besoins de surveillance des terres, des mers et de l'atmosphère. Citons par exemple, pour les États-Unis, les satellites LANDSAT et Jason, et, pour l'Europe, la filière SPOT et les plates-formes *MetOp*.

La première avancée avec les missions *Sentinel*, c'est que les données seront disponibles presque en temps réel, une à deux heures à peine après le passage du satellite ! Ensuite, à l'inverse des missions individuelles, les *Sentinel* ont été conçus dès le départ comme une

flottille intégrée. Les lancements sont prévus pour permettre d'assurer un flux de données continu sur une dizaine d'années au moins ; et surtout, ces données seront homogènes. Ainsi, on pourra facilement comparer les données provenant des différents satellites, ce qui est fondamental.

De fait, la véritable innovation du programme *Copernicus*, c'est la réflexion globale qui a été menée pour collecter, rassembler et homogénéiser toutes les informations qui seront produites. Le plus révolutionnaire, ce ne sont pas les satellites, mais les services qui traiteront leurs données !

PLS

Que recouvrent précisément ces services ?

C. C. : Leur fonctionnement est calqué sur celui des prévisions météorologiques : des instruments bien exploités et un service intégré géré par des scientifiques. Ce modèle sera adapté de façon similaire pour la surveillance des océans, des sols, du climat, etc.

Prenons l'exemple du service Atmosphère (d'ailleurs installé au Centre européen pour la prévision météorologique à moyenne échelle ECMWF, en Angleterre, qui est aussi le Centre météorologique européen de référence). Les *Sentinel-4* et *Sentinel-5* fourniront des mesures journalières et à l'échelle globale de polluants tels que l'ozone, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone et les particules. *Sentinel-4*, en orbite géostationnaire, scrutera toutes les heures l'Europe, tandis que *Sentinel-5*, en orbite polaire, passera une à deux fois par jour au-dessus de chaque région du globe et permettra d'avoir une vision plus globale.

Le service Atmosphère s'appuiera notamment sur ces mesures pour alimenter des modèles de chimie atmosphérique à l'échelle globale et à l'échelle régionale. Ces modèles pourront fournir des données et des prévisions sur les concentrations de chaque polluant et sur la qualité de l'air. Ensuite, des alertes seront envoyées aux citoyens ou aux institutions abonnés à ces services. Un asthmatique pourra par exemple être informé par SMS à quel moment la pollution prévue pour les prochaines heures dépassera un seuil. Les municipalités pourront prendre des mesures préventives en cas de pic de pollution attendu. Aujourd'hui, faute d'informations intégrées, les alertes ne sont pas encore fiables, si bien que l'on ne réagit qu'après coup...

PLS

Quelles sont les retombées attendues en sciences de la Terre ?

C. C. : Aujourd'hui, nous sommes gênés par les formats différents de données fournies par des satellites divers. Les données de *Copernicus* seront « prémâchées », plus faciles à utiliser, même si les observations ne sont pas l'œuvre d'un même instrument. Cela sera notamment utile pour la question du rythme du réchauffement climatique. Depuis une dizaine d'années, l'augmentation de la température globale est plus lente que prévu. Pourtant, les gaz à effet de serre continuent à s'accumuler, le niveau des mers à monter, et la glace polaire à fondre ! Pour résoudre cette contradiction apparente, il faudrait tout regarder en même temps, au même endroit et sur le long terme, pour identifier ce qui ne fonctionne pas dans nos simulations

UNE CONSTELLATION DE SENTINELLES			
Le lancement des satellites <i>Sentinel</i> du programme <i>Copernicus</i> s'étalera jusqu'à la fin de la décennie. Un précurseur de <i>Sentinel-5</i> sera lancé dès 2016 pour combler le manque de données atmosphériques depuis la fin de la mission <i>Envisat</i> en 2012.			
Lancement	Instrument	Périodicité	Observations
SENTINEL-1 ■ 1A : lancé – 1B : 2015 ■ Radar ■ Maximum 12 jours ■ Surveillance des glaces, mouvements des sols		SENTINEL-2 ■ 2A : 2015 – 2B : 2016 ■ Imageur ■ 2 à 5 jours ■ Agriculture, érosion des sols, volcanisme	
SENTINEL-3 ■ 3A : 2015 – 3B : 2016 ■ 5 instruments ■ 2 jours ■ Température, topographie, végétation/couleur (terre et mer)		SENTINEL-4 ■ D'ici la fin de la décennie ■ Spectromètres UV/visible et infrarouge proche ■ Géostationnaire (observations toutes les 30 à 60 minutes) ■ Pollution atmosphérique, rayonnement solaire	
SENTINEL-5 ■ D'ici la fin de la décennie ■ Spectromètres UV/visible et infrarouge proche ■ 1 jour ■ Pollution atmosphérique, rayonnement solaire, climat		SENTINEL-6 (EN DISCUSSION) ■ Non défini ■ Altimètre radar ■ Non défini ■ Niveau des mers	

(les modèles sous-estiment probablement le stockage de l'énergie par l'océan). Le programme *Copernicus* devrait le permettre.

PLS

Quel est l'état d'avancement du projet ?

C. C. : Les services Atmosphère, Terre, Mer et Situations de crise ont atteint leur maturité et sont ou rentreront bientôt en phase opérationnelle (même si tous les satellites *Sentinel* ne sont pas encore lancés). Pour le service Sécurité, c'est plus compliqué, en raison des aspects politiques, mais aussi parce qu'en matière de sécurité, l'observation de la Terre n'est qu'un élément parmi d'autres. Quant au service Climat, il n'est pas encore sur pied.

PLS

L'enjeu de *Copernicus* n'est-il pas aussi de donner à l'Europe une autonomie dans ces domaines ?

C. C. : Il existe certainement des enjeux stratégiques liés à ce programme, qui renforcera la place de l'Europe dans plusieurs domaines clefs. Grâce à *Copernicus*, l'Europe deviendra sans doute dans quelques années le leader mondial dans l'observation de la Terre. Les États-Unis sont loin d'avoir un système similaire, et leur flotte de satellites est vieillissante et peu coordonnée. Je collabore depuis 15 ans avec des scientifiques de la NASA et de la NOAA (*National Oceanic and*

Atmospheric Administration). Au début, cela me permettait de profiter des données et de l'expertise de mes collègues américains. Mais depuis trois ou quatre ans, la collaboration a changé de sens : ce sont eux qui sont en demande de nos données et de nos codes de traitement.

PLS

Une innovation du programme *Copernicus* est que les données seront publiques. Pourquoi ?

C. C. : C'était une volonté dès le départ. L'Union européenne et l'Agence spatiale européenne ont alloué cette année 3,78 milliards d'euros au programme *Copernicus*. Cela s'ajoute aux 3,4 milliards d'euros déjà investis depuis une dizaine d'années. L'Europe espère évidemment des retours scientifiques et industriels directs, mais aussi des retours *via* les futurs utilisateurs des services. Le pari est que le libre accès aux données dans un format « prêt à l'emploi » suscitera de nombreuses utilisations et favorisera la création de services ajoutés (services d'alerte, de visualisation, applications éducatives, etc.). Selon des études commandées par l'Union européenne, les applications dérivées du programme *Copernicus* pourraient entraîner la création de 80 000 emplois en Europe d'ici 2030, et chaque euro investi produira quatre euros en retour. ■

Propos recueillis par Philippe RIBEAU-GÉSIPPE

HOMO SAPIENS INFORMATICUS chronique de Gilles Dowek



La lunette de l'anthropologue

Les réseaux d'ordinateurs sont aujourd'hui aux sciences humaines et sociales ce que la lunette de Galilée fut à l'astronomie.

Beaucoup de domaines de la connaissance et de l'activité humaines sont métamorphosés par les apports de l'informatique, mais ce qui rend ces transformations intéressantes est que chacune est particulière.

Dans le domaine des sciences humaines, la transformation la plus ancienne est la possibilité, apportée par l'informatique, de modéliser des phénomènes jusque-là rétifs à la modélisation. Depuis les années 1950, nous savons par exemple qu'il est possible de décrire la grammaire d'une langue sous la forme d'un algorithme et qu'une telle description donne à la grammaire décrite un caractère prédictif, donc réfutable. Modéliser, simuler, confronter les prédictions du modèle aux observations est aujourd'hui devenu une méthode courante dans certaines branches des sciences humaines, qui sont à rapprocher ici des sciences de la vie, elles aussi avides de nouveaux langages de modélisation.

Mais une deuxième transformation a débuté, qui est quant à elle à rapprocher d'une transformation récente des mathématiques.

Dans l'histoire de nombreuses sciences, on distingue deux périodes, séparées par l'introduction des premiers instruments. Il y a ainsi une astronomie à l'œil nu, jusqu'à la lunette de Galilée, puis une astronomie instrumentée, une biologie à l'œil nu jusqu'au microscope de Van Leeuwenhoek, puis une biologie instrumentée, etc. Les mathéma-

tiques sont longtemps restées l'une des rares sciences à ne pas utiliser d'instruments ; jusqu'à ce que, au milieu des années 1970, Kenneth Appel et Wolfgang Haken démontrent un théorème (celui dit des quatre couleurs) en utilisant un ordinateur. L'ordinateur est la lunette du mathématicien.

Les sciences humaines, quant à elles, ont longtemps utilisé peu d'instruments, même si l'un des ancêtres de l'ordinateur a été construit par l'Américain Herman Hollerith en 1887 pour dépouiller un recensement,

**Rien ne garantit
que les interactions humaines
en ligne soient identiques
aux interactions hors ligne.**

c'est-à-dire pour instrumenter la démographie. Malgré cette exception, la collecte à l'œil nu des données a longtemps demandé aux ethnographes, linguistes, psychologues, etc. un patient et minutieux travail de terrain.

Cette situation change, car nous prenons conscience de l'existence d'un instrument qui permet d'observer les interactions sociales. Cet instrument n'est ni la lunette ni l'ordinateur, mais le réseau d'ordinateurs. En effet, beaucoup de nos interactions sociales sont aujourd'hui véhiculées par un tel réseau et, chaque fois que nous apprenons, travaillons, achetons, séduisons, etc. en utilisant un tel réseau, nous y laissons des traces qui constituent un précieux matériau pour les cher-

cheurs. Par exemple, quand un enseignant se demandait naguère si tel ou tel exercice permettait de mieux faire comprendre telle ou telle notion, il ne pouvait se fonder que sur sa longue expérience, ou réaliser une expérience avec un échantillon statistique de quelques dizaines d'élèves. Il peut désormais aussi utiliser les données collectées par les plate-formes d'enseignement en ligne, et se fonder ainsi sur un échantillon statistique beaucoup plus vaste.

Ces nouvelles méthodes posent de nouvelles questions auxquelles les chercheurs devront demain – et peut-être dès aujourd'hui – apporter des réponses. La première est celle des limites que l'éthique de la recherche impose à ce genre de collecte de données. Si l'observation statistique du comportement humain est possible, les réseaux permettent aussi celle du comportement d'une personne particulière, qui peut constituer une grave intrusion dans sa vie privée.

Une deuxième est que rien ne garantit que les interactions humaines en ligne soient identiques aux interactions hors ligne. Mais rien ne garantit non plus que les mœurs des Samoanes soient identiques en présence de l'ethnographe qui les consigne et en son absence. Car, dans les sciences humaines comme ailleurs, l'observation perturbe toujours le système observé. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.