



Les “ brevets blockchain ” : état des lieux et perspectives

Alice Barbet-Massin, Abdelaziz Khatab

► To cite this version:

Alice Barbet-Massin, Abdelaziz Khatab. Les “ brevets blockchain ” : état des lieux et perspectives. 2018. hal-02284384

HAL Id: hal-02284384

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02284384>

Submitted on 17 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les « *brevets blockchain* » : état des lieux et perspectives

Alice Barbet-Massin
Doctorante
CNRS, UMR 8026-CERAPS
Université de Lille

Abdelaziz Khatab,
European Patent Attorney
Avocat au Barreau de Paris
August Debouzy

La blockchain, technologie souvent associée au mouvement libertarien, semble s'opposer, par principe, à une monopolisation par les brevets¹. Cette opposition initialement étanche entre la liberté des protocoles blockchain et leur réservation par ce type droit de propriété industrielle, n'est plus à ce jour aussi figée. Les technologies mises en œuvre par la blockchain - registre distribué dans un réseau pair à pair, algorithmes de consensus de validation des nouvelles entrées dans ce registre, procédés cryptographiques pour sécuriser les échanges de transactions² - intéressent de plus en plus certains déposants de brevets.

Le domaine des télécommunications montre que des brevets peuvent porter sur ce type de technologies innovantes et décentralisées. Les protocoles Internet, qui ont permis de décentraliser l'information et les communications, ont par exemple fait l'objet de nombreux brevets et ce, dès leurs origines³.

Les protocoles blockchain qui visent la décentralisation des transactions pourraient emprunter cette même voie. Une course aux brevets de plus en plus prégnante se dessine dans le paysage des « *inventions blockchain* ». Craig Steven Wright - l'autoproclamé « *inventeur* » du bitcoin – s'est vu à cet égard délivrer, le 8 février 2018, un des premiers brevets européens relatif aux registres et méthodes de gestion automatisée de *smart contracts* (reposant sur la blockchain)⁴.

Cette ruée vers les brevets invite à une analyse de la stratégie des acteurs de la blockchain vis-à-vis de l'utilisation de ceux-ci. C'est pourquoi, il se pose la question de savoir si, et comment, cette technologie est compatible avec le droit des brevets.

1. Les protocoles blockchain sous licences libres : de l'origine libertarienne

Le premier protocole blockchain (bitcoin) trouve ses origines au sein de l'école autrichienne du courant économique libertarien selon laquelle la monnaie fiduciaire et les différentes interventions des États ne seraient pas nécessaires⁵. Les formes de propriété intellectuelle sont d'ordinaire rejetées par

¹ Les brevets sont des titres délivrés pour une zone géographique déterminée, par les Offices de chaque pays, pour une durée de vingt ans. En France : C. propr. intell., art. L.611-1 et L.611-2.

² Pour une définition voir : vocabulaire de l'informatique, liste de termes, expressions et définitions adoptés, JO n° 0121 du 23-5-2017 texte n° 20.

³ Voir notamment le brevet de Paul Baran (US 4'438'511) qui a inventé avec Donald Davies la communication sur réseau de données par paquets.

⁴ EP 3 257 191.

⁵ Les interventions d'États auraient tendance à provoquer des cycles économiques exacerbés et une conséquente inflation. Pour cette école, il conviendrait de supprimer le système bancaire à réserves fractionnaires et revenir à l'étalon-or afin d'éviter un déséquilibre généralisé et une récession des entreprises (BCE, *Systèmes de monnaie virtuelle*, 2012, pp.22,23 et S. Caré, *Les libertariens aux États-Unis: sociologie d'un mouvement asocial*, Presses Universitaires de Rennes, coll. « Res publica », 2010, p.10).

les auteurs libertariens mais ces derniers sont divisés au sujet des brevets. Alors que certains reconnaissent le brevet⁶, d'autres n'envisagent pas le principe d'un titre de propriété sur les inventions au motif notamment, que le droit à reconnaître aux inventeurs serait celui d'exclure les individus des fruits de leur travail ou de leur investissement⁷.

Le parti pris de Satoshi Nakamoto⁸ a été de publier les **codes sources du protocole bitcoin** - mis en œuvre par des **logiciels libres** - sous une **licence open source MIT**. Cette licence de logiciel dont le code source est ouvert, permet d'utiliser, copier, modifier, fusionner, publier, distribuer, sous-licencier et/ou vendre des copies du logiciel, sous réserve d'insérer une notice de copyright dans toutes les copies ou parties substantielles du logiciel. Dans l'hypothèse de modification ou distribution du logiciel, elle ne contraint cependant pas à conserver la même licence et des termes analogues à cette licence (non copyleft)⁹.

De **nature très permissive**, cette licence offre finalement une « *liberté fragile* »¹⁰ au protocole bitcoin et à ses concepteurs. Il est possible de redistribuer le logiciel sous une licence propriétaire (le nouveau programme pourrait passer de la catégorie des logiciels libres à celle des logiciels non libres), et bien plus, elle **expose la technologie blockchain aux différents monopoles des brevets**. Aucun terme de cette licence n'interdit en effet sa conjugaison avec les brevets d'invention. En pratique, cette licence est simple d'utilisation et s'applique particulièrement aux petits programmes. Un programme devenu aussi important que bitcoin n'est plus approprié à ce format de licence. Il n'est dès lors pas certain que le choix de cette licence par **Satoshi Nakamoto soit de nature à préserver complètement le protocole bitcoin de toutes réservations monopolistiques**.

Les **licences Apache 2.0** ou encore **GNU/GPL 2** sembleraient plus adaptées. La première, utilisée par la blockchain privée hyperledger, oblige les « *contributeurs* » à donner leurs brevets en licence dès lors qu'une de leurs innovations incorporerait le code source de cette blockchain. En outre, elle conditionne la licence à une renonciation à toute action en contrefaçon dont la blockchain en cause serait l'objet¹¹. La seconde utilisée par la blockchain publique Ethereum, est une licence contaminante qui contraint tous logiciels sous les termes GNU/GPL à être distribués sous le même régime GNU/GPL (copyleft)¹².

Dans ces conditions, il n'est pas totalement surprenant de constater l'inflation des dépôts de brevet dans ce domaine.

2. La course aux brevets ascendante sur les protocoles blockchain

Rattrapés par le droit des brevets, la blockchain, les registres distribués et les crypto-actifs sont sujets à des dépôts de plus en plus importants. En 2017, le nombre total de dépôts de brevets concernant la blockchain s'élevait à 1 248 aux Etats Unis, en Europe, en Chine, au Japon et en Corée du Sud, alors que ces derniers étaient respectivement, entre 2013 et 2016, de 27, 98, 258 et 594¹³.

Parmi ces multiples dépôts par des **établissements bancaires et financiers**, des **entreprises du secteur des nouvelles technologies** et de **l'écosystème de la blockchain**, seuls **certains titres leur sont délivrés**. Par exemple, le brevet américain US 9,825,931 de Bank of America corporation

⁶ A. Rand, *The Fountainhead*, 1943.

⁷ B. Lemennicier, « Propriété intellectuelle et protection des idées : la bataille du XIX^e siècle », in *Aux Sources du modèle libéral français*, A. Madelin (dir.), Perrin, 1997. Voir aussi : T. Jefferson, « Lettre à Isaac McPherson », 13 août 1813, <https://founders.archives.gov/documents/Jefferson/03-06-02-0322> (consulté le 05/04/2018).

⁸ Satoshi Nakamoto est le pseudonyme utilisé par l'inventeur du Bitcoin qui est encore à ce jour anonyme. Ce dernier est revendiqué « *cyberpunk* », soit un groupe de lutte pour la protection de la vie privée par l'utilisation de la cryptographie (« *cipher* » signifie chiffrement). Cette communauté s'est inspirée du courant littéraire « *cyberpunk* » des années 1970-1980 mélangeant la science-fiction et le numérique.

⁹ <https://opensource.org/licenses/MIT> (consulté le 29/03/2018).

¹⁰ Voir la classification des logiciels libres par le critère de la « *liberté* » permettant d'identifier les types de licences par rapport à leurs effets : M. Clément Fontaine, *Les œuvres libres*, thèse ss dir. M. Vivant, Montpellier, 2006 reprise par le CSPLA (CPLA, avis 2007-1, La mise à disposition ouverte des œuvres de l'esprit, 26 juin 2007) et le Syntec et la FNILL (Guide open source – Réflexions sur la construction et le pilotage d'un projet open source).

¹¹ <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0> (consulté le 30/03/2018).

¹² <https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.fr.html> (consulté le 30/03/2018).

¹³ <https://www.coindesk.com/global-blockchain-patent-filings-spiked-in-2017-koreas-ip-office-says/> (consulté le 30/03/2018).

délivré le 21 novembre 2017 concerne un système de suivi et de validation d'un utilisateur dans le réseau distribué blockchain ou encore le brevet américain US 9,331,856 délivré à Symantec le 3 mai 2016 sur un système et des méthodes pour valider des signatures numériques invoque lui, dans sa description, la fonctionnalité blockchain.

Il convient d'interpréter ce nombre grandissant de dépôts de brevets en corrélation avec les choix stratégiques de ces acteurs.

Dans une **stratégie offensive**, l'objectif est de s'approprier la technologie en se constituant les plus larges portefeuilles de brevets possibles en vue de les monnayer, soit par la concession de licences, soit par la cession de brevets. Une autre option est de s'approprier la technologie afin de gêner les progrès technologiques des concurrents pour conquérir un marché.

Tandis qu'avec une **stratégie défensive**, l'objectif est de se constituer un portefeuille de brevets pour disposer de moyens de riposte en cas d'action en contrefaçon ou tout simplement de canaliser ceux qui souhaiteraient opter pour la stratégie offensive. Cette option peut être un choix pour sécuriser ses innovations présentes et sa flexibilité technologique future (axes de recherche pour l'avenir).

Elle offre parallèlement une protection contre les « *Patent Trolls* » en s'assurant que les brevets sur la blockchain ne se retrouvent pas en leur possession. Les Patent Trolls sont des entités qui acquièrent un maximum de brevets dans un but - purement économique - de menacer à l'action en contrefaçon pour forcer la conclusion de contrats de licence.

La protection contre les Patent Trolls est sans doute une préoccupation pour les acteurs du domaine, car bien que leurs activités aient connu un certain ralentissement aux Etats-Unis, ces derniers cherchent un relai dans la zone européenne. Ce ralentissement fait notamment suite à un revirement dans l'appréciation de la brevetabilité des inventions mises en œuvre par ordinateur, souvent appelées par abus de langage « *brevets logiciels* »¹⁴. Cette appréciation ayant toujours été plus sévère en Europe qu'aux Etats-Unis, l'inflation du nombre de dépôts de brevets ne s'accompagnera pas nécessairement d'une explosion du nombre de brevets délivrés qui a permis le développement des Patent Trolls.

3. L'interrogation pré-requise de la brevetabilité

Les protocoles blockchain sont mis en œuvre par un nombre conséquent de logiciels. Pour que ces derniers soient brevetables, les conditions d' « *inventions nouvelles impliquant une activité inventive et susceptibles d'application industrielle* » doivent être réunies en France (comme dans la plupart des pays européens)¹⁵. Néanmoins, les programmes d'ordinateurs en tant que tels ne peuvent pas faire l'objet d'une protection par le droit des brevets¹⁶.

Cependant, peuvent faire l'objet d'un brevet les procédés présentant un **caractère technique** et produisant des **effets techniques**, lorsqu'ils sont **mis en œuvre par des ordinateurs**¹⁷.

L'exigence d'un effet technique allant au-delà d'une simple automatisation par ordinateur d'un procédé purement intellectuel a permis jusqu'ici d'éviter certaines dérives constatées aux Etats Unis. C'est d'ailleurs pour cette raison que la Cour suprême des Etats-Unis a décidé de relever le seuil de la brevetabilité de ces types d'inventions avec la décision « *Alice Corp. c. CLS Bank International* » notamment¹⁸.

¹⁴ Voir les décisions : Cour suprême des Etats Unis, *Ebay c. Mercexchange*, 15 mai 2006, n°05-130 et Cour suprême des Etats Unis, *Alice corp. c. CLS Bank International*, 19 juin 2014, n°13-298.

¹⁵ C. propr. intell., art. L611-10, 1°.

¹⁶ C. propr. intell., art. L611-10, 2°, c).

¹⁷ Voir : CA Paris, 15 juin 1981 : Ann. propr. ind. 1982, p. 26, TGI Paris, 10 juin 2005 : PIBD 2005, n° 815, III, p. 541 et CBE, Directives relatives à l'examen pratiqué à l'Office européen des brevets, G-I, 2.

¹⁸ La Cour suprême avait jugé que le concept en cause - portant sur une méthode et un système de dépôt fiduciaire ayant pour but le séquestre afin de réduire le risque financier - était une relation commerciale connue dans le secteur des affaires et constituait une idée abstraite non brevetable (U.S. Supreme Court, *Alice Corp. v. CLS Bank International*, No. 13-298, 2014). Face à des termes auparavant très élastiques, tels

En théorie, au vu de la jurisprudence actuelle de l'Office européen des brevets (OEB) par exemple, un logiciel blockchain pourrait donc faire l'objet d'une protection par brevet dès lors qu'il met en œuvre des fonctionnalités offrant un caractère technique suffisant et un effet technique réel permettant de le distinguer de l'état de la technique. A défaut de satisfaction des conditions précitées, les « *brevets blockchain* » pourraient se voir rejetés.

A titre d'illustration des difficultés rencontrées dans la délivrance d'un brevet concernant la blockchain, nous pouvons citer la demande de brevet EP 3 200 167 « **Information Transaction Infrastructure** » de **Mastercard** relative à une infrastructure permettant des remboursements rapides *via* une adresse publique différente que celle utilisée lors de la transaction initiale¹⁹. La procédure d'examen est encore en cours à ce jour. L'avis de l'examinateur de l'OEB, pour refuser la délivrance, indique que l'invention ne remplit **pas la condition de l'activité inventive**²⁰. Pour lui, l'invention ne se rapporte qu'aux simples échanges de données par ordinateur entre deux utilisateurs. Il considère, par ailleurs, que le modèle administratif sous-jacent visé dans cette demande de brevet est exclu de la brevetabilité et ne peut conférer une activité inventive²¹. En résumé, l'examinateur considère qu'il n'est pas possible d'identifier un effet technique suffisant.

L'examinateur de l'Office américain des brevets (USPTO) n'a, quant à lui, pas pris position pour le moment sur la brevetabilité de la demande US 2017/0221022 concernant la même invention de Mastercard. Il serait opportun de connaître le sort de cette demande au vue de l'application de la décision « *Alice* » par cet Office. Nous pouvons d'ores et déjà noter que la demande de brevet fait l'objet d'un intérêt de la part de tiers. Un certain « *Candy King* » (probablement un pseudonyme) a formé des « *observations* » le 15 septembre 2017 contre la délivrance du brevet. L'USPTO offre, en effet, la possibilité pour tout tiers de former de telles observations. Cette possibilité est en pratique peu utilisée ce qui prouve l'intérêt particulier pour la communauté concernée des brevets sur la blockchain.

En définitive, les difficultés à breveter un logiciel blockchain sont notables. La délivrance de brevets dans ce domaine, même en Europe, n'est cependant pas impossible comme en témoigne la délivrance récente du brevet EP 3 257 191 à NCHAIN (voir brevet de Craig Steven Wright susmentionné en introduction).

Il n'est pas à exclure que des brevets sur des procédés cryptographiques, des infrastructures « *backEnd* » de protocole blockchain, par exemple, soient délivrés, sous réserve de remplir les conditions énoncées.

Une fois la « barre » de la brevetabilité passée, se pose l'interrogation de l'utilisation qui peut être faite des brevets sur la blockchain.

4. Analyse et prospective sur l'avenir des « *brevets blockchain* »

Les brevets sur la blockchain sont déjà une réalité. La question de leur exploitation (judiciaire ou non) se posera alors dans un avenir proche.

Les acteurs du domaine devront donc faire des choix stratégiques qui peuvent aboutir à un certain nombre de scénarii que nous nous proposons d'explorer.

a. Les problématiques cardinales liées aux protocoles distribués

que, la transformation d'un élément physique ou encore l'utilisation d'une machine dans le procédé incluant un logiciel, la notion de « technicité » a été retenue (B. Warusfel, *La brevetabilité des méthodes commerciales : L'Office européen des brevets résiste toujours*, Propriétés Intellectuelles n°1, Octobre 2001, p.81).

¹⁹ EP 3 200 167 (A1).

²⁰ European search opinion, no. 16 153 519.0 – EP 3 200 167 (A1).

²¹ T641/00 ; T154/04 (JO 2008, 46).

Au regard du **principe de territorialité des brevets**, nombre de problématiques vont se poser quant à son imbrication avec le caractère décentralisé des blockchains²².

Un brevet n'a d'effet que pour un territoire donné, il n'y a pas de brevet qui offre une protection « mondiale ». Une confusion est souvent opérée avec les demandes dites internationales déposées sous le « *Patent Cooperation Treaty* » (PCT) permettant une gestion centralisée de demandes de brevets qui sont in fine examinées par les Offices nationaux²³.

De la même façon, il n'existe pas encore à proprement parler de brevet unique couvrant le territoire de l'Union européenne. Le projet de mise en place d'un tel brevet (le brevet à effet unitaire) et de la Juridiction unifiée du brevet (JUB) a pour le moment été mis en suspend par le Brexit²⁴. Il pourrait avoir tendance à solutionner ce problème mais ne le règlera pas pleinement, s'agissant d'une blockchain mise en œuvre en Europe et en Asie à la fois par exemple.

En réalité, chaque brevet couvre un territoire donné alors que la blockchain, par définition, peut être déployée sur l'ensemble des territoires où se trouvent les utilisateurs et les serveurs mettant en œuvre les procédés sous-jacents.

Ainsi, la question se pose de savoir comment un brevet ayant des effets sur un territoire donné, peut être opposé à une blockchain mise en œuvre sur plusieurs territoires et pas seulement sur celui où le brevet produit ses effets. La possibilité pour un breveté de disposer de plusieurs brevets ne peut pas être une solution envisagée, car la contrefaçon s'appréciera indépendamment dans chaque territoire²⁵.

La problématique n'est pas exclusive à la blockchain, elle existe dans d'autres domaines, à l'instar des télécommunications. Elle peut se régler soit en s'assurant que le **brevet porte sur un mécanisme particulier de la blockchain, mis en œuvre par un acteur unique, qu'il est possible de localiser** (un serveur lorsqu'il est localisable, par exemple) ou dans la **qualification de l'acte de contrefaçon** que l'on retiendra. L'**offre de mise en œuvre d'un procédé breveté** est, par exemple et sous certaines conditions, un acte de contrefaçon dans beaucoup de législations nationales²⁶.

La manière dont le **brevet est rédigé** et la **désignation du contrefacteur** sont certainement des éléments clés dans la démarche de protection des inventions sur la blockchain.

Par exemple, pour protéger une blockchain, il peut apparaître judicieux pour le **déposant de protéger spécifiquement des inventions sur les algorithmes de validation** des transactions afin de viser les **entités mettant à disposition les moyens de mise en œuvre** de la blockchain, comme les fermes de minage qui peuvent parfois être localisées.

Une autre difficulté réside dans la **preuve de la contrefaçon** des brevets sur la blockchain. En effet, s'agissant de contrefaçon de brevets sur les fonctionnalités techniques de logiciels, il convient de détecter leur mise en œuvre. Il faut aussi être capable de la démontrer judiciairement en accédant aux éléments nécessaires à prouver que la mise en œuvre de la blockchain concernée nécessite la mise en œuvre du procédé technique dont fait l'objet le brevet invoqué. Pour cela, l'**accès au code source** et à **une description** de celui-ci est nécessaire pour en déterminer toutes ses fonctionnalités.

Si une blockchain publique est en cause, avec **les spécifications offertes au public**, la preuve de la contrefaçon pourra se trouver dans les **documentations techniques** mises à dispositions. Alors qu'avec blockchain privée, il sera nécessaire de passer par des moyens d'obtention de la preuve judiciaires comme la **saisie-contrefaçon** en France²⁷.

²² Article 4bis de la Convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle du 20 mars 1883.

²³ <http://www.wipo.int/pct/fr/faqs/faqs.html> (consulté le 13/04/2018).

²⁴ <http://www.consilium.europa.eu/en/documents-publications/treaties-agreements/agreement/?id=2013001> (consulté le 29/03/2018).

²⁵ En Europe, la question de la compétence pour juger de la contrefaçon dans un pays étranger peut se poser pour un juge national en application des dispositions du règlement 44/2011 (domicile du défendeur ou d'un co-défendeur, lieu du fait dommageable). Celle du droit applicable ne se pose pas en vertu du principe de territorialité déjà cité.

²⁶ En France : C. propr. intell., art. L613-3 b), voir aussi l'article 25 b de la convention sur la juridiction unifiée des brevets (pas encore entré en vigueur).

²⁷ C. propr. intell., art. L615-5.

b. Les régimes prospectifs des « brevets blockchain »

Diverses orientations peuvent être empruntées selon l'accueil qui sera réservé aux brevets sur la blockchain par les tribunaux, les Offices de propriété industrielle, voire le législateur. A ce titre, il est possible de dégager quatre axes envisageables, du plus « libertarien » au plus « monopolistique » pour l'avenir du régime des « brevets blockchain » :

- **Le coup d'arrêt à la brevetabilité** : certaines législations ou jurisprudences pourraient forcer les Offices de propriété industrielle à une politique restrictive quant à la délivrance de « brevets blockchain ». Un relèvement de la barre de la brevetabilité aux Etats-Unis a par exemple été insufflé suite aux dérives des brevets trolls pour stopper l'inflation du nombre de brevets dans le domaine des inventions mises en œuvre par ordinateur. Notons néanmoins que sont encore délivrés des brevets dans ce domaine, y compris celui de la blockchain.
- **Les brevets philanthropes** : à l'image des brevets sur la technologie de connexion « Universal Serial Bus » (USB) ou encore « Bluetooth », les brevets blockchain, une fois délivrés pourraient tout simplement être mis gratuitement à la disposition des entreprises et développeurs. Cette option permet un développement totalement libre de la technologie, à condition pour les acteurs de se décider à une telle offre et de déposer massivement et régulièrement sur la technologie²⁸.
- **Les « patent pools »** : les déposants pourraient par cette voie ouvrir les brevets à la concession de licences pour tout tiers moyennant redevances. Il s'agit ici de ne pas empêcher le développement de la technologie mais de le conditionner au paiement de redevances pour récompenser les inventeurs. C'est le choix qui a été opéré par les acteurs du domaine des télécommunications.
- **Les « patent thickets »**²⁹ : quelques titulaires disposeraient de nombreux brevets délivrés dont ils se réserveraient l'exploitation exclusive ou sous la condition de paiement de redevances élevées. Dans cette situation, l'innovation serait freinée par ces titulaires.

Les protocoles blockchain sont initialement considérés comme des « communs »³⁰ et a priori non brevetables. Bien qu'il soit prématuré de conclure pour l'heure à un revirement vers une logique propriétaire, force est de constater que certains acteurs utilisent le système des brevets.

L'inflation du nombre de dépôt de brevet ne signifie pas nécessairement qu'une bulle de brevet émerge, à l'instar des Etats-Unis lors du développement d'Internet. La barre de la brevetabilité s'ancre en effet dans une tendance haussière au sein des Offices majeurs de brevet.

Il appartient désormais aux acteurs du domaine de la blockchain et aux institutions de se saisir du sujet pour réfléchir au moyen d'en faire une utilisation constructive, garante d'un équilibre entre un développement de la technologie et une juste rétribution à ses contributeurs.

²⁸ Le droit au brevet naît du dépôt et non pas de la création de l'invention. Contrairement au droit d'auteur, il ne s'agit pas d'une formalité requise (C. propr. intell., art. L611-1).

²⁹ Expression définie par C. Shapiro comme un « réseau dense de droits de propriété intellectuelle qui se chevauchent », in *Innovation Policy and the Economy*, A.B. Jaffe, J. Lerner et S. Stern (dir.), vol. 1 MIT Press, 2001, p.119 et s.

³⁰ E. Ostrom, *La gouvernance des biens communs : pour une nouvelle approche des ressources naturelles*, Editions de Boeck, 2010.