

SCIENCE
BIOPLASTIQUES : remplaceront-ils les dérivés du pétrole ?

■ POUR LA

SCIENCE

Mars 2014 - n° 437

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American



Le
pouvoir insoupçonné de
l'inconscient

**L'évolution
des villes celtes**

**Matériaux caméléons
pour vitrages intelligents**

**Des bactéries à l'attaque
du noyau cellulaire**

M 02687 - 437 - F: 6,20 € - RD



Allemagne : 9,30 € - Belgique : 7,20 € - Canada /S : 10,95 CAD - Grèce /S : 7,60 € - Guadeloupe/St Martin /S : 7,30 € - Guyane /S : 7,30 € - Italie : 7,20 € - Luxembourg : 7,20 € - Maroc : 60 MAD - Martinique /S : 7,30 € - Nlle Calédonie Wallis /S : 980 XPF - Polynésie Française /S : 980 XPF - Portugal : 7,20 € - Réunion /A : 9,30 € - Suisse : 12 CHF.

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Philippe Ribeau-Gésippe,

Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers H.S. Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho H.S.

Rédactrice en chef adjointe : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Responsable du développement numérique :

Philippe Ribeau-Gésippe

Marketing : Elise Abib et Ophélie Maillot assistées de Anaïs Grelet

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

João Abreu, Eric Aubourg, Christian Bouquegneau, Thierry Caquet,

Laure Coulombel, Franck Daninos, Bettina Debu, Caroline Demily,

Sam Dukan, Nicolas Franck, Menachem Fromer, Martin Giurfá,

Jean-Marc Guehl, Kelly Holley-Bockelmann, Stéphane Huvé, Anne

Jambois, Frédéric Nowacki, Christophe Pichon, Daniel Tacquenot

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja

Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

Editors : Fred Guterl, Ricky Rusting, Philip Yam, Mark Fischetti,

Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix,

Kate Wong. President : Steven Inchcoombe. Executive Vice

President : Michael Florek.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public

français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou

les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans

la revue « Scientific American », dans les livres édités par

« Pour la Science » doivent être adressés par écrit à « Pour la

Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduc-

tion, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom

commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence

accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est

interdit de reproduire intégralement ou parti-

ellement la présente revue sans autorisa-

tion de l'éditeur ou du Centre français de l'ex-

ploitation du droit de copie [20, rue des

Grands-Augustins - 75006 Paris].



Métamétaphore

Les icebergs apparaissent gigantesques à celui qui les admire. Et l'observateur, impressionné par cette masse volumineuse, a quelques difficultés à imaginer que les neuf dixièmes de cette montagne de glace sont dissimulés sous la surface des eaux. Or l'iceberg est une métaphore fréquente pour évoquer tout sujet dont on découvre, au fil des recherches, qu'il est bien plus complexe qu'on ne l'avait anticipé, et qu'on est loin d'en avoir cerné les limites.

Une métaphore, « procédé de langage qui consiste à employer un terme concret dans un contexte abstrait », attribuée à un mot un sens qu'on donne généralement à un autre mot. Cette collision entre deux termes appartenant à des champs lexicaux différents frappe les esprits, permettant d'éclairer une notion difficile. La métaphore est fréquente en sciences, par exemple en physique. Citons le « modèle de la goutte liquide » appliqué au noyau atomique qui, à l'instar d'une goutte, se déforme sous l'effet du mouvement de ses constituants tout en gardant un volume constant (voir *La double magie de l'étain 100*, page 30). La chimie en use également, qualifiant de caméléons les vitrages ou tissus qui changent de couleur quand ils sont parcourus par un courant électrique (voir *Des matériaux caméléons*, page 54).

Une métaphore autoréférente de l'inconscient

L'iceberg est aussi utilisé pour suggérer que l'inconscient représente la partie cachée des processus cognitifs qui guident nos pensées et nos comportements. À mesure que s'accumulent les résultats expérimentaux, les neuroscientifiques acquièrent la conviction que ce n'est pas la conscience qui est aux commandes, mais bien l'inconscient (voir *La puissance de l'inconscient*, page 22). Nous nous comportons, agissons, pensons... sans y penser. En contrôlant l'essentiel des processus cognitifs, l'inconscient serait la partie immergée de l'iceberg de notre vie mentale.

La métaphore permet de sortir du cadre usuel du discours et, soutenue par l'image, elle est encore plus efficace. C'est ainsi que le cerveau se métamorphose en iceberg pour évoquer le rôle insoupçonné de l'inconscient : la métaphore sémantique est alors renforcée par la métaphore visuelle. Par ailleurs, une métaphore est d'autant plus efficace qu'elle produit un effet rapide et spontané. L'iceberg est donc une métaphore de l'inconscient, traitée de façon inconsciente. Une métaphore autoréférente ou une métamétaphore ?

- 1 **ÉDITO**
- 4 **BLOC-NOTES**
Didier Nordon

Actualités

- 6 **Des cellules souches produites par choc acide**
- 7 **Peinture néolithique : un volcan en éruption ?**



- 10 **Fibres, diabète et obésité**
- 12 **Mini-espace, maxi-réaction**

... et bien d'autres sujets

Opinions

- 14 **POINT DE VUE**
L'Antarctique et l'océan Austral sont menacés
Robert Calcagno
- 15 **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
Les bioplastiques remplaceront-ils les dérivés du pétrole ?
Patrick Navard
- 18 **VRAI OU FAUX**
Les animaux ont-ils un sens moral ?
Bernard Thierry
- 69 **CAHIER SPÉCIAL**
Adaptation au changement climatique
En partenariat avec  **INRA**
SCIENCE & IMPACT

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement à Pour la Science, brochés sur la totalité du tirage. En couverture : © Spencer Lowell

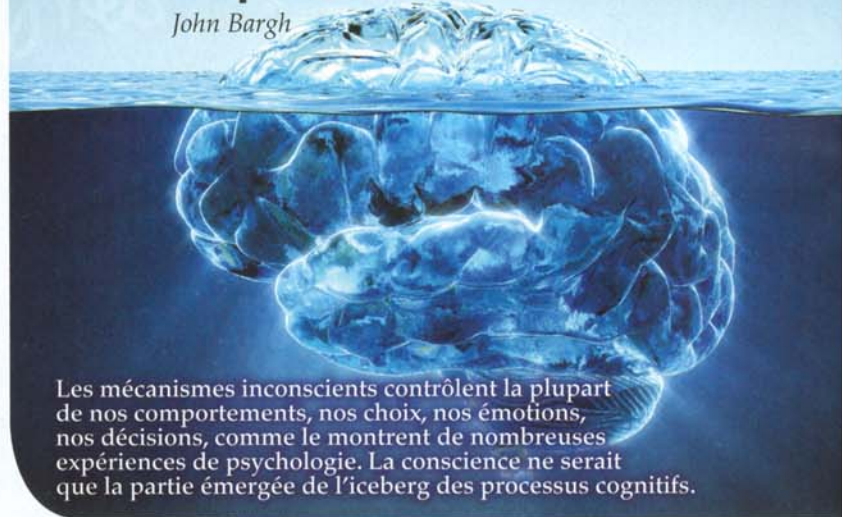
À LA UNE

22

SCIENCES COGNITIVES

La puissance de l'inconscient

John Bargh



Les mécanismes inconscients contrôlent la plupart de nos comportements, nos choix, nos émotions, nos décisions, comme le montrent de nombreuses expériences de psychologie. La conscience ne serait que la partie émergée de l'iceberg des processus cognitifs.

30

PHYSIQUE

La double magie de l'étain 100

Thomas Faestermann

La structure particulière du noyau atomique de l'étain 100 en fait un candidat précieux pour tester la théorie nucléaire. Des expériences récentes ont permis de produire ce noyau et de mesurer certaines de ses propriétés.

38

ARCHÉOLOGIE

Aux origines des villes celtes

Vladimir Salač et Olivier Buchsenschutz

Depuis un siècle, les découvertes des archéologues qui étudient la civilisation celtique en France et en Tchéquie se rejoignent. Cette rencontre a récemment révélé comment s'est transformé l'habitat urbain chez les anciens Celtes.

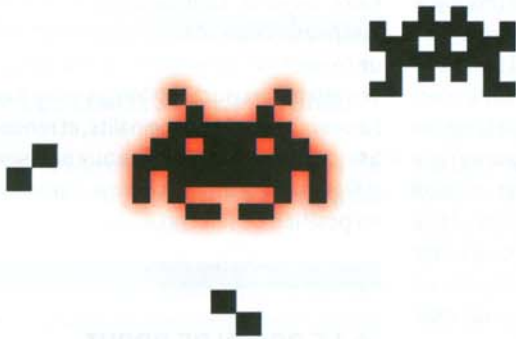
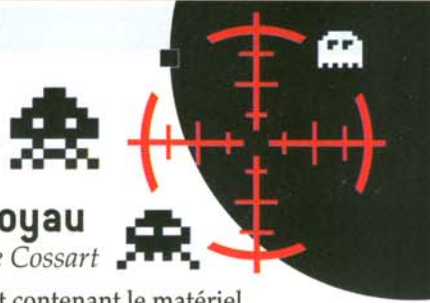


Regards

46 MICROBIOLOGIE Des microbes à l'attaque du noyau

Hélène Bierne et Pascale Cossart

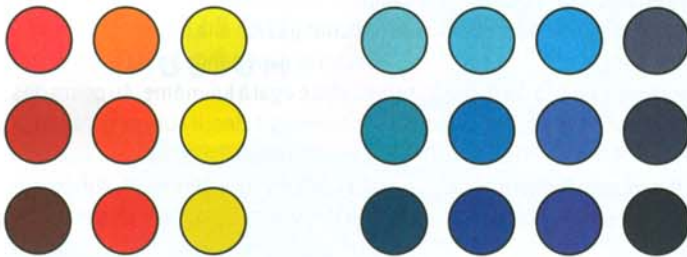
Le noyau, le compartiment contenant le matériel génétique de la cellule, n'est pas à l'abri d'agressions par des bactéries. Des molécules bactériennes, voire certaines bactéries elles-mêmes, piratent cet ordinateur cellulaire.



54 SCIENCE DES MATÉRIAUX Des matériaux caméléons

Roger Mortimer

Les matériaux dits électrochromes peuvent changer de couleur sous l'effet d'un courant électrique. On les utilise notamment pour réaliser des vitrages qui s'opacifient à volonté.



62 PSYCHOLOGIE Le handicap des enfants abandonnés

Charles Nelson III, Nathan Fox
et Charles Zeanah Jr.

Le suivi d'orphelins roumains révèle les traces psychiques et physiques que laisse une petite enfance vécue au sein d'une institution impersonnelle et inadaptée.

86 HISTOIRE DES SCIENCES Louis Pasteur et Claude Bernard, entre respect et controverse

Peter Wise

L'amitié et les querelles de ces deux figures majeures ont servi les sciences biomédicales.

90 LOGIQUE & CALCUL Une théorie rêvée du calcul

Jean-Paul Delahaye

Les mathématiciens créent des mondes imaginaires. Celui conçu par Jérôme Durand-Lose concilie simplicité et richesse infinie.

100 SCIENCE & FICTION Les plantes fantastiques

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

102 ART & SCIENCE Des bulbes, une bulle et des virus

Loïc Mangin

104 IDÉES DE PHYSIQUE Le mirage aux deux miroirs

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

109 SCIENCE & GASTRONOMIE Sucres, édulcorants et neurones

Hervé This

110 À LIRE

NOUVEAU!

POUR LA
SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale

Toutes les archives*

- Pour la Science
- Dossier
Pour la Science

depuis 1996

maintenant sur www.pourlascience.fr

* Numéros à lire en ligne ou téléchargeables en PDF, en vente à l'unité ou accessibles par abonnement.



Aux origines des villes celtes

Depuis un siècle, les découvertes des archéologues qui étudient la civilisation celtique en France et en Tchéquie se rejoignent. Cette rencontre a récemment révélé comment s'est transformé l'habitat urbain chez les anciens Celtes.

Vladimir Salač
et Olivier Buchsenschutz

En 1899, à la suite d'un voyage en Bohême et à Vienne, nous avons nous-mêmes, d'accord avec M. Píř, insisté particulièrement sur l'unité complète de civilisation – phénomène vraiment inattendu – que présentent les deux stations de Stradonitz et du Mont Beuvray, ancienne Bibracte, capitale des Éduens. Le Hradischt de Stradonitz en Bohême, Joseph Déchelette, 1906

À l'issue de la bataille de Bibracte (58 avant notre ère), César renvoie chez eux les Helvètes, mais il lui reste à disposer de 20 000 Boïens venus, avec femmes et enfants, s'associer à la tentative de migration helvète. Ces Boïens, qu'il assignera à résidence dans ce qui est devenu aujourd'hui la région de Sancerre, appartiennent à l'un des plus importants peuples celtiques d'alors. On en retrouve les traces aujourd'hui non seulement en France, en Italie, en Hongrie, en Slovaquie, en Autriche, en Allemagne, mais surtout en Tchéquie, où il a donné son nom à une région : la Bohême (qui provient de *Boiohaemum* signifiant « pays des Boïens »).

Or depuis plus d'un siècle, les archéologues tchèques et français font les mêmes constatations. En le découvrant, ils ont fini par conclure de conserve que ces deux régions du monde celtique, pourtant éloignées, ont évolué de la même façon. Nous allons raconter ici comment la poursuite de leur dialogue scientifique jusqu'à aujourd'hui, malgré les aléas de l'histoire européenne, a révélé l'existence chez les Celtes du Second âge du

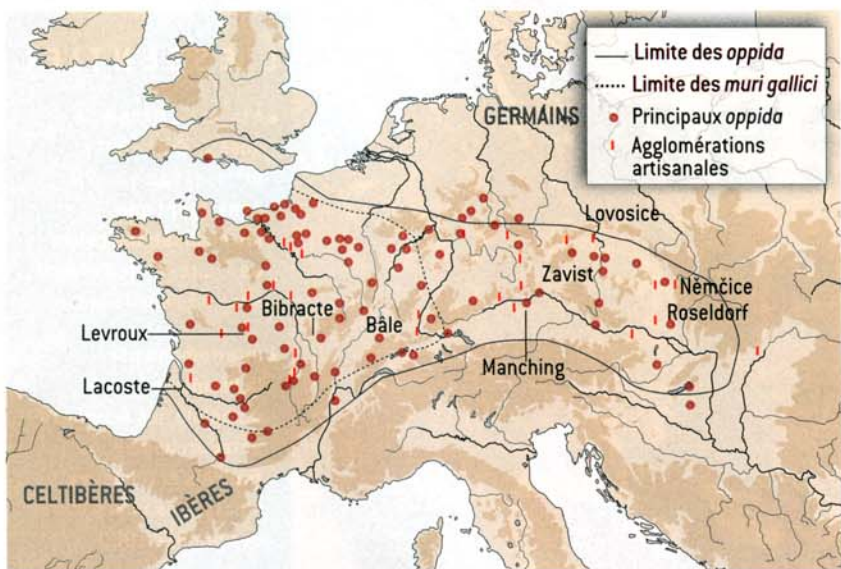
1. CE VILLAGE D'ARTISANS CELTES, restitué par un artiste sur la base de fouilles menées en Tchéquie, est caractéristique du II^e siècle avant notre ère. Plusieurs agglomérations similaires ont été trouvées en France.



L'ESSENTIEL

- À la fin du XIX^e siècle, Joseph Déchelette et Josef Ladislav Píč constatent que les civilisations celtiques de France et de Bohême sont très similaires.
- Interrompus par la Première Guerre mondiale, les échanges entre archéologues français et tchèques n'ont repris qu'à partir des années 1960.
- De cette interaction se sont dégagés les grands traits de l'histoire de l'urbanisation dans l'espace celtique.
- Des découvertes faites ensuite ailleurs qu'en France ou en Tchéquie les confirment.

Benoit Collin



2. LA RÉPARTITION DES FORTERESSES CELTES À TRAVERS L'EUROPE montre l'ampleur de la civilisation celte au Second âge du Fer. Construits sur des collines ou en des points stratégiques, ces *oppida* ont abrité les activités artisanales et commerciales durant la seconde moitié de la période ; auparavant, les artisans s'étaient spontanément concentrés ailleurs.

Fer d'une curieuse urbanisation en deux phases. La première est le développement spontané d'agglomérations d'artisans sur des places de marché situées en des points névralgiques de chaque province. Au cours de la seconde, l'aristocratie semble avoir dominé et a installé les artisans celtes derrière les remparts d'anciennes forteresses en hauteur, places fortes qui ont alors été renouvelées et développées dans toute l'Europe celtique.

Homogénéité culturelle

Le Second âge du Fer désigne la période allant de -450 à la romanisation, durant laquelle la civilisation laténienne a dominé l'Europe tempérée. Le terme laténien, qui dérive du site éponyme de La Tène en Suisse, caractérise la civilisation portée entre Atlantique et mer Noire par un ensemble de peuples que les Grecs et les Romains anciens désignaient sous les termes de Celtes (*Keltōi*), de Galates (*Galatai*) ou de Gaulois (*Galli*).

L'homogénéité culturelle des Laténiens est frappante : partout ils construisent le même genre de sanctuaires, maîtrisent à un haut degré la métallurgie et développent un art codifié, qui évolue à chaque génération, mais de façon uniforme sur l'ensemble de l'espace celtique. Ainsi, de la Bretagne à la Hongrie, les torques (colliers rigides) portés par les membres de leur élite guerrière sont comparables à une même époque ; de même, leurs guerriers sont équipés

d'un bouclier, d'une lance et d'une longue épée glissée dans un fourreau métallique porteur d'un décor codifié ; etc.

La société celtique traditionnelle est majoritairement composée de paysans pratiquant à la fois l'élevage et une agriculture stimulée par le développement des outils en fer. Elle est dirigée par une élite armée qui maîtrise la propriété du sol et assure la sécurité du territoire, et qui se manifeste par la construction de forteresses de hauteur et de grandes nécropoles. Ces aristocrates forment souvent des partis guerriers qui vont se louer comme mercenaires dans les guerres méditerranéennes, ce qui provoquera une expansion celtique vers le monde méditerranéen aux IV^e et III^e siècles avant notre ère.

Un trait évident des Celtes est qu'ils sont avant tout ruraux (une caractéristique des Gaulois qui est restée dans la mémoire collective des Français). Leur habitat est généralement dispersé dans les campagnes, où les aristocrates habitent au sein de grandes fermes entourées de fossés. Pour autant, une tendance à la concentration des activités économiques est perceptible en certains endroits névralgiques, dont nous verrons qu'elle a produit à certaines époques des agglomérations pouvant être qualifiées de villes.

L'analyse des textes grecs et latins avait en effet suggéré que les menaces germaniques au Nord et romaines au Sud avaient conduit, au cours du II^e siècle avant notre ère, à l'apparition de villes fortifiées. Toutefois, les fouilles en Tchéquie, en France et ailleurs ont progressivement fait apparaître que le processus de l'urbanisation a évolué de façon plus complexe. Nous allons retracer ces avancées en commençant par évoquer comment s'est développée la recherche sur les Celtes en Tchéquie, en France et, si nécessaire, dans le pays qui les sépare : l'Allemagne.

En Tchéquie, les premiers travaux archéologiques sur les monnaies et les fortifications de l'âge du Fer ont été menés après 1850. La même chose se produisit en France sous l'impulsion des sociétés savantes de Napoléon III. Les officiers de l'empereur ont identifié les principaux sites césariens, et la découverte de remparts de type laténien (le *murus gallicus* de César) à Murcens (commune de Cras, dans le Lot), à Bibracte, à Vertault en Bourgogne et en nombre d'endroits leur a permis de faire le lien entre le texte de César et l'archéologie.

LES AUTEURS

Vladimir SALAČ est professeur d'archéologie à l'Université Karlova de Prague, en Tchéquie.

Olivier BUCHSENSCHUTZ, archéologue au CNRS, travaille au laboratoire Archéologie et philologie d'Orient et d'Occident [CNRS/École normale supérieure], à Paris.

BIBLIOGRAPHIE

S. Sievers et M. Schönfelder, *La question de la proto-urbanisation à l'âge du Fer*, 34^e colloque AFEAF, Habelt, Bonn, 2012.

G. Pierrelvein, *Les relations entre la Bohême et la Gaule, du IV^e au I^{er} s. av. J.-C.*, Thèse, Université de Strasbourg, 2010 [scd-theses.u-strasbg.fr/2152/].

O. Buchsenschutz, *Les Celtes*, Armand Colin, 2008.

Gaulois, qui étais-tu ?, *Dossier Pour la Science* n° 61, octobre-décembre 2008.

Les Gaulois : des Barbares civilisés ?, *Pour la Science* n° 345, 2006.

J. L. Píř [trad. J. Déchelette], *Le Hradischt de Stradonitz en Bohême*, K. W. Hiersemann, Leipzig, 1906 [archive.org/details/lehradischtdest00unngoog].

En Tchéquie, le travail de Jan Erazim Wocel *Keltické ohrady* (fortifications celtiques) parut en 1865. S'il semble aujourd'hui dépassé sur de nombreux points, c'était la première fois qu'un auteur tchèque utilisait le concept d'*oppidum* («ville fortifiée» en latin) pour désigner une forteresse. Il décrit en effet la colline fortifiée de Stradonice et la compare aux *oppida* mentionnés par César en Gaule et dont l'exploration commençait à la même époque à Alésia, Gergovie et Bibracte (le Mont Beuvray).

Monnaies et fibules

En 1877, on mit au jour à Stradonice un trésor de monnaies, ce qui entraîna la découverte de nombreux objets au cours de fouilles clandestines par les paysans du lieu. En 1882, on recueillit dans une source thermale proche de Dux, dans le Nord de la Bohême, près de 2000 bracelets et fibules de la période de La Tène. Les fibules (du latin *fibula* signifiant «attache») sont une sorte de grandes épingles de sûreté décorées, dont les Celtes se servaient pour agraffer leur habit. Elles étaient si fréquentes dans la vie quotidienne et ont tellement varié qu'elles servent aux archéologues à dater leurs trouvailles. Ainsi, le type de fibule dit «fibule de Dux», qui caractérise une phase de la période moyenne de la culture de La Tène, vient de là.

Dans les années 1890 fut entamée la fouille de la nécropole de Jenišův Újezd qui, avec ses 142 sépultures, est restée la plus grande nécropole à inhumation du monde celtique, jusqu'à la découverte de celle de Bobigny, au Nord de Paris, dans les années 1990.

Toutefois, la connaissance des Celtes de Tchéquie ne progressera vraiment qu'au tournant du XX^e siècle, lorsque, pour les besoins du musée national de Prague, Josef Ladislav Píř entreprit dans les années 1894, 1895 et 1905 les premières fouilles planifiées sur l'*oppidum* de Stradonice. Il en publia des résultats en 1903. C'est alors que d'intenses contacts se sont établis entre Píř et l'archéologue Joseph Déchelette, qui avait repris à cette époque la fouille de l'*oppidum* de Bibracte.

Píř analysait les *oppida* de Bohême en les comparant à ceux de la Gaule, et inversement pour Déchelette. Ce dernier fut fasciné par la similitude du mobilier et des vestiges que son confrère avait trouvés sur le site de Stradonice. Déchelette en fut si enthousiasmé qu'il apprit la langue tchèque

pour traduire le livre de Píř, traduction qui parut à Leipzig en 1906 sous le titre *Le Hradisch de Stradonitz en Bohême*. L'extrait de l'introduction reproduit au début du présent article montre son enthousiasme.

Aujourd'hui encore, les œuvres de Déchelette et de Píř marquent la recherche sur les Celtes. Du reste, c'est Déchelette

qui forgea l'expression de «civilisation des *oppida*» qui est un synonyme de «civilisation laténienne tardive». De fait, la recherche sur les habitats celtiques, en Bohême, en Moravie et en France, concernait alors seulement les *oppida*. Český Lhotice, en Bohême, et Starý Hradisko, en Moravie, ont été explorés. L'enquête nationale sur

BIBRACTE (Saône-et-Loire)	STRADONITZ (Bohême)	MANCHING (Haute-Bavière)	VRLEM S' VEIT (Hongrie)

Domaine public

3. L'HOMOGENÉITÉ DES CULTURES MATÉRIELLES À TRAVERS L'ESPACE CELTIQUE est devenue évidente grâce au travail conjoint de Joseph Déchelette et de Josef Ladislav Píř, au début du XX^e siècle. Ci-dessus, un tableau tiré du *Manuel d'archéologie* de Déchelette. Y sont comparées des fibules [1^{ère} ligne], deux types de poignées de passoirs [2^e et 3^e lignes], des boutons décoratifs émaillés [4^e ligne] et deux types de rouelles [5^e et 6^e lignes].



4. CE GAULOIS ENTERRÉ À BUCHÈRES, dans l'Aube, présente l'équipement caractéristique du guerrier laténien. Outre une lance [pointe en haut à droite] et une épée laténienne dans son fourreau ouvragé [à gauche], on note les anneaux d'un ceinturon et la forme d'un bouclier délimitée par ses renforts de fer.

les enceintes « en terre », développée par la Société préhistorique française à partir de 1906, favorisa sinon des fouilles, au moins des prospections et des relevés sur plusieurs milliers de sites en France.

On s'intéressait aussi à cette époque aux nécropoles à inhumation. En 1902, Pfc connaissait déjà plus de 130 nécropoles en Bohême. En France, on estime que plusieurs milliers de sépultures ont été fouillées en Champagne entre 1850 et les années 1950 ! Pour cette raison, le Second âge du Fer a longtemps été divisé en deux phases dénommées en France le « marnien » et le « beuvraysien » (par référence à Bibracte), avant que le nom du site suisse de La Tène ne lui soit préféré.

En France et en Tchéquie, l'occupation du sol par les Celtes était alors interprétée de la même façon : elle avait dû se concentrer dans les *oppida*, qui représentaient les premières villes au Nord des Alpes ; ces places fortes devaient contrôler des villages agricoles qui pouvaient les alimenter. Toutefois, ces villages n'avaient pas été découverts, et on n'imaginait leur présence dans les campagnes fertiles qu'à partir de celle de leurs nécropoles.

Puis les vicissitudes de l'histoire européenne ont longuement séparé les archéologies française et tchèque. Le décès prématuré de Pfc, puis celui de Déchelette au front en 1914, ont interrompu les contacts entre les deux pionniers de cette collaboration avant que des successeurs ne soient formés. Toutefois, entre les deux guerres mondiales, de nouvelles fouilles ont été réalisées – Trřsov dans le Sud de la Bohême et Staré Hradisko en Moravie –, tandis

qu'en France des archéologues amateurs ou des équipes britanniques ont pratiqué des sondages et des reconnaissances sur des habitats fortifiés. Tout cela n'a fait que renforcer l'impression que c'était dans les *oppida* que l'on pouvait découvrir l'essentiel des traits de la civilisation des *oppida*.

Cette vision a perduré jusqu'après la Seconde Guerre mondiale. La recherche archéologique tchèque, assez généreusement financée, était orientée surtout sur la fouille des *oppida* : des fouilles étendues ont été ouvertes sur Zavist, Hrazany, Trřsov, Staré Hradisko et České Lhotice. Elles ont ponctuellement enrichi les connaissances, mais elles n'ont pas permis d'insérer les *oppida* dans un système économique complet, dans la mesure où l'on ne connaissait pas d'autres types d'habitat.

L'oppidum ne résume pas la ville celte

Une fois de plus, le rétablissement des contacts entre les archéologues tchèques et ceux de l'Ouest allait dépendre d'une personnalité exceptionnelle : Jan Filip, auteur en 1956 d'une brillante synthèse sur les Celtes d'Europe centrale. Professeur à l'Université de Prague, directeur de l'Institut d'archéologie, il résista à la pression idéologique soviétique poussant les archéologues tchèques à découvrir également des Slaves dans leur sol (les premiers Slaves ne sont venus peupler la région qu'au VI^e siècle). Il organisa les échanges avec les spécialistes allemands et français des Celtes, en particulier Wolfgang Dehn à Marbourg et Paul-Marie Duval à Paris. Consacrée aux *oppida*, la conférence



5. LE MURUS GALLICUS ET LE REMPART DE TYPE « PREIST » étaient tous deux constitués d'un massif de terre armée renforcé par des poutres et un parement de pierres, mais ils étaient différents. Tandis



que les Gaulois disposaient des grilles de poutres horizontales assemblées par des fiches en fer (a), les Celtes transrhénans préféraient tasser l'argile entre deux palissades reliées par des entretoises (b).

qu'il organisa à Prague-Liblice en 1970 fut alors l'occasion de relever le retard pris par la France dans les fouilles des *oppida*. En conséquence, de nouvelles fouilles, limitées en surface, ont été entreprises à Levroux, à Avrolles, à Alésia, ainsi qu'au Titelberg au Luxembourg et en Belgique, avant que des fouilles d'ampleur ne commencent à Bibracte en 1984.

Tout cela ne changea rien : la civilisation des *oppida* restait une « civilisation des oppida seulement », comme si les villages et éventuellement d'autres types d'agglomérations ou de villes n'avaient pas existé... C'est de Tchéquie qu'est venu le changement, dans les années 1970, quand les premiers villages de l'âge du Fer y ont été fouillés à l'occasion de l'extension des carrières de lignite.

Après plus de 100 ans de recherches sur les Celtes, la fouille de Radovesice, dans le Nord-Ouest de la Bohême, offrit pour la première fois l'occasion d'analyser la structure d'un village celtique dans son ensemble. Elle réservait quelques surprises, par exemple la présence de nombreux ateliers de poterie, de réduction du fer ou de forge, de fonte des alliages cuivreux, de production textile, etc., autant d'activités que l'on croyait jusque-là dévolues aux *oppida*.

Au même moment, les données sur Lovosice étaient reprises. Cette ville, située sur l'Elbe au Nord-Ouest de la Bohême (à la frontière de la plaine polonaise), est encore aujourd'hui un carrefour sur un axe d'échange de portée européenne. Elle se situe à la limite de la Bohême et à la frontière du monde celtique ; plus au Nord étaient installés des populations héritières de cultures de l'âge du Bronze et, au-delà, des groupes germaniques. Lovosice occupait un point stratégique, la *Porta Bohemica*, qu'elle était chargée de défendre.

Les premières découvertes datent de 1893, quand l'archéologue austro-hongrois Robert von Weinzierl fouilla un four de potier. Dans les années 1930, des amateurs découvrirent dans une tuilerie des sépultures celtiques et plus de 12 fours de potier. Le dernier fut fouillé en 1962, mais ces résultats n'ont pas été publiés avant 1973. L'archéologue tchèque M. Zápotocký, dans son étude sur les nécropoles celtiques de la région de Lovosice, attira l'attention sur la concentration exceptionnelle de traces

■ À ÉCOUTER

Le jeudi 20 mars 2014, de 14h à 15h, Olivier Buchsenschutz reviendra sur l'archéologie celte dans l'émission

La marche des sciences, sur France Culture.
www.franceculture.com

d'habitats et d'activités artisanales sous la ville actuelle. À l'étranger, c'est seulement en 1985 que Jean-Paul Guillaumet, du CNRS, compara ce gisement et celui de Chalon-sur-Saône en France, tandis que les découvertes de Levroux restaient ignorées en Bohême (voir la figure 7).

Un extraordinaire village

Au Nord de Lovosice, l'archéologue tchèque Jirí Waldhauser découvrit à la fin des années 1970 une carrière de quartz porphyrique qui a été exploitée à l'époque de La Tène pour faire des meules. Dans les années 1980, l'urbanisation a conduit à y faire des fouilles de sauvetage, et l'un d'entre nous (V. Salač) fit des découvertes insoupçonnées. Il remarqua que l'origine de l'habitat celtique remonte au IV^e siècle avant notre ère, avec l'apparition de petits villages qui se développent et se rejoignent pour constituer à la fin du III^e siècle avant notre ère, ou au début du II^e, une agglomération assez importante (voir la figure 7). Sa superficie était comprise entre 40 et 60 hectares.

De nombreuses productions artisanales ont été développées dans cette région, parmi lesquelles deux avaient un rayonnement supra-régional : la céramique fine et les meules de pierre. On a pu établir que les meules étaient préparées dans les carrières, puis transportées jusqu'à un port sur l'Elbe où leur taille définitive était réalisée.

Les ateliers et les fours de potier fournissaient une vaste région en Bohême. Les meules étaient exportées jusqu'en Moravie, comme le prouvent les découvertes effectuées sur l'*oppidum* de Staré Hradisko. Les contacts commerciaux sont attestés non seulement par l'exportation de meules et de céramiques, mais aussi par de nombreuses importations : des céramiques graphitées de la vallée du Danube autrichien, des vases des *oppida* de Bohême, des céramiques peintes des régions rhénanes plus éloignées, ou encore de la zone germanique. On a découvert des morceaux de graphite brut importés du Sud de la Bohême, comme des importations d'origine plus lointaine : des perles et des bracelets de verre, des parures en lignite (sappropélite), etc.

La dimension de cet habitat, son occupation organisée et dense, et surtout l'ampleur



6. CES DISQUES DE POITRAIL, ou phalères, étaient destinés à décorer le poitrail des chevaux de char. Tandis que celui du haut a été trouvé à Hořovičky en Tchéquie, celui du bas l'a été à Roissy-en-France. Leurs ornements complexes, aux formes contournées, presque abstraites et qui stimulent l'imagination, sont typiques de l'art laténien.



CNES/SPOTIMAGE, DigitalGlobe/IGN



DigitalGlobe/GeoBasis-DE/BKG, Geocontour

7. TROIS EXEMPLES D'AGGLOMÉRATIONS OUVERTES. À Levroux, dans l'Indre, au village artisanal succède vers la fin du II^e siècle avant notre ère un *oppidum* construit sur la Colline des Tours (à gauche).

À Manching, en Bavière, le village artisanal du début du II^e siècle avant notre ère se retrouve au centre d'un vaste *oppidum* construit dans la seconde moitié du même siècle (au milieu). À Lovosice, en Bohême,

des productions artisanales montrent qu'il ne s'agissait pas à Lovosice d'un village ordinaire. Mais ce n'était pas non plus un *oppidum* ! L'absence de fortification et la situation sur la rive de l'Elbe l'en différencient. Ces données ont conduit V. Salač à la conclusion qu'il existe plus d'un type d'habitat celtique et pas seulement des *oppida*, des fermes et des petits villages.

Lovosice représente une nouvelle catégorie d'habitat celtique, qu'on peut qualifier de centre de production et de commerce (une agglomération artisanale et commerçante). Il s'agit donc d'un centre économique et sans doute aussi d'un centre politique, qui s'est développé une centaine d'années avant les *oppida* et qui a dû perdurer pendant leur période d'épanouissement.

Mais s'agit-il d'un cas exceptionnel ? Dans les années 1980, il était malheureusement difficile pour un chercheur tchèque de voyager et de travailler avec ses confrères de l'Ouest. La bibliographie permit toutefois de faire des rapprochements avec d'autres centres en Europe, tels Chalon-sur-Saône, Bâle, Bad Nauheim en Hesse ou Nowa Cerekwia en Pologne. Il était cependant alors impossible à V. Salač de visiter ces sites.

De leur côté, les archéologues français étaient en train de faire les mêmes constatations que V. Salač. Exploré à partir de 1968, le site de Levroux, dans l'Indre, illustre la distinction à faire entre les villages à vocation artisanale du II^e siècle avant notre ère et la fondation des *oppida*. Cette agglomé-

ration s'est développée dans la plaine de la Champagne berrichonne au II^e siècle avant notre ère sur dix hectares environ. Il en reste de très nombreuses constructions excavées – caves, ateliers, puits – et de rares bâtiments sur poteaux plantés, disposés les uns à côté des autres sans plan préconçu ni voirie apparente. En revanche, le mobilier est riche. La densité des chutes issues du travail du métal atteint presque une tonne par hectare, alors qu'on a fabriqué ici surtout des parures et de petits outils. Les amphores, les parures de lignite ou de verre, les monnaies, témoignent d'un commerce monétarisé, à moyenne et longue distance.

Du village à l'*oppidum*

Or, au début du I^{er} siècle avant notre ère, ce village a été délaissé pour une colline voisine qui est entourée d'un *murus gallicus* délimitant une surface de 20 hectares ! Manifestement successeur du village de plaine, cet *oppidum* a été fondé délibérément et a connu une intense activité durant tout le siècle, au-delà même de la conquête romaine (voir la figure 7).

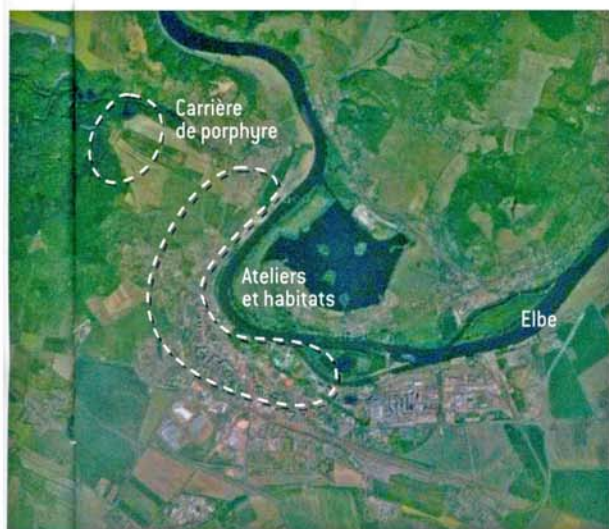
Un colloque organisé sur place en 1978 a permis de comparer ce cas avec d'autres sites « doubles » de la même époque : Bâle et Breisach dans la vallée du Rhin, Aulnat/Clermont-Ferrand en Auvergne, Les Pichelots près d'Angers. Les discussions ont porté sur deux hypothèses : les villages de plaine seraient ceux des artisans, tandis que l'élite occuperait les *oppida*, à moins que

les artisans y aient précédé ces derniers. Au cours d'un autre colloque à Clermont-Ferrand en 1981, l'analyse du mobilier a été reprise et il apparut alors de façon définitive qu'il y a bien une différence chronologique d'une à deux générations entre les deux phénomènes.

Pour les raisons évoquées plus haut, les découvertes d'Olivier Buchsenschutz à Levroux dans le Berry, et les découvertes de V. Salač à Lovosice, publiées dans les revues des musées locaux, n'ont pas été mises en rapport. Toutefois, ces caprices du destin ont aussi renforcé le sentiment d'une convergence scientifique : alors que nous ne communiquons pas, nous sommes tous deux parvenus au même résultat. La vision traditionnelle de l'habitat celtique, qui oppose des *oppida* urbains à des fermes ou des villages agricoles, devait le céder à une nouvelle vision. En particulier, il a existé des agglomérations gauloises ouvertes, non fortifiées et non perchées sur des hauteurs comme le sont les *oppida*.

Au cours des deux décennies qui ont suivi, cette hypothèse a été largement confirmée par toute une série de découvertes de sites ouverts en Europe centrale, dont plusieurs sont encore plus importants que Lovosice. À ce propos, il nous faut évoquer au moins les découvertes récentes de Nĕmčice, en Moravie, et de Roseldorf, en Basse-Autriche.

Nĕmčice n'a pas encore fait l'objet d'un décapage systématique, mais ce gisement surprend par le nombre et la variété des



CHES-SPORT/IMAGE, Digital Globe/GeoEye/Geo, Landsat

l'habitat ouvert du II^e siècle avant notre ère ne sera jamais déplacé ou enfermé dans un oppidum [à droite].

découvertes. Une partie de ces dernières se trouve dans des collections privées, dont le nombre d'objets officiellement inventoriés est à considérer comme un minimum : 1500 objets de bronze et une centaine en fer, 1055 monnaies, 518 bracelets et 700 perles de verre. Un nombre important d'objets inachevés et de chutes témoigne de la fabrication sur place du verre, de la réduction et du forgeage des métaux. La frappe de monnaies d'or et d'argent, dont les débuts sont à dater du III^e siècle avant notre ère, est bien mise en évidence. L'importance du commerce se manifeste par la présence de monnaies non seulement celtiques, mais aussi originaires d'Italie, de Grèce, d'Égypte ou de Carthage.

Dans une situation topographique identique – une petite hauteur dans une campagne fertile –, l'habitat de Roseldorf a livré 1500 monnaies. Ici aussi, l'éventail des productions était très large, la frappe de monnaies et le commerce à longue distance étaient développés. À la différence de Némčice, les fouilles ont révélé la présence de plusieurs sanctuaires, affirmant ainsi, au-delà de la fonction économique, le rôle de cet habitat dans la sphère religieuse.

Dans les années 2000, les prospections géophysiques à Némčice et à Roseldorf ont révélé une organisation interne de l'habitat, qui est délimité par une palissade. Il n'y a cependant aucune trace de fortifications comme on en connaît sur les oppida. Némčice et Roseldorf se sont développés à partir du III^e siècle avant notre

ère, et sont donc beaucoup plus anciens que les oppida.

Comment s'explique alors l'existence, au sein de l'espace celtique, d'agglomérations tantôt fortifiées (les oppida), tantôt ouvertes ? On suppose aujourd'hui que les agglomérations d'artisans, construites naturellement dans des régions riches sur des nœuds de communication, représentent le début du processus d'urbanisation en Europe moyenne et qu'elles ont largement précédé le phénomène des oppida. En général, ces derniers ont été construits artificiellement en une seule fois sur des sommets jusque-là inhabités ou réservés à des fonctions religieuses. Puisqu'ils étaient puissamment fortifiés, leur fonction de défense est flagrante.

Il est clair aujourd'hui qu'une fortification n'est pas un élément indispensable pour parler de ville. À l'inverse, la situation des oppida sur des hauteurs peu praticables est une impasse pour le processus d'urbanisation. Même dans la structuration des habitats celtiques, les oppida de hauteur semblent extravagants et se distinguent nettement du mouvement antérieur de concentration de l'habitat. Celui-ci est représenté par les centres de production et de commerce, il est achevé quand ces centres eux-mêmes sont fortifiés. L'oppidum de Manching (Bavière) représente bien cette évolution (voir la figure 7), puisqu'ici une agglomération d'artisans de plaine a été fortifiée dans les dernières décennies de son existence sans être déplacée de la plaine du Danube.

Une énigmatique mutation urbaine

Pourquoi les autres agglomérations d'artisans d'Europe centrale ont-elles été généralement abandonnées au profit de grandes fortifications perchées sur les hauteurs proches ? Cela reste difficile à expliquer. Les centres de production ouverts ont été créés progressivement à l'initiative des artisans et des commerçants, sans l'intervention d'un pouvoir coercitif, ce qui se manifeste dans l'anarchie de leur plan. En revanche, le choix des sites en hauteur, utilisés souvent antérieurement pour des activités religieuses, et le développement d'une fortification continue, qui désormais sépare radicalement un espace urbain du monde rural, peuvent être interprétés comme la mise sous contrôle par l'aristocratie de l'économie des centres de

production. Quoi qu'il en soit, les oppida réunissent effectivement les artisans, les commerçants et l'aristocratie, qui s'installe en ville dans un habitat enclos analogue aux grosses fermes rurales – les *aedificia* décrits par César –, où elle réside habituellement. La fortification sert moins à la défense qu'à l'expression symbolique de la communauté urbaine et au contrôle des mouvements des gens et des denrées.

La civilisation du Hallstatt a connu une urbanisation limitée de la Bourgogne à la Bohême (la Heuneburg en Allemagne ou Vix en France) ; elle disparaît assez brusquement au V^e siècle avant notre ère. La civilisation laténienne des IV^e et III^e siècles, période de sa plus grande expansion, présentait un habitat dispersé dans la campagne, les rares agglomérations regroupant quelques familles autour d'une résidence aristocratique ou d'un sanctuaire.

Les artisans étaient à cette époque éparpillés dans la nature, ce qui n'empêche pas leurs productions d'être remarquables. La progression des importations et d'un système monétaire intervenant dans la vie quotidienne explique le développement d'agglomérations où les marchands se rencontraient et où les artisans se concentraient. Tout naturellement, ce processus s'est déroulé en plaine le long des routes et près des fleuves, là où aboutissaient les voies de circulation. Il aurait dû se poursuivre et conduire les artisans et les marchands, qui se concentraient dans les centres de production, à gagner toujours plus en puissance puisqu'ils fournissaient à la fois les armes, les objets de la vie quotidienne, et le vin des banquets...

Dès lors, la création de véritables villes sur les antiques fortifications en hauteur, à partir de la moitié du II^e siècle avant notre ère, apparaît comme une sorte de révolution culturelle sans justification économique. Seule capable de conduire une telle transformation sociale, l'aristocratie guerrière a-t-elle voulu reprendre en main la classe des marchands et des artisans ? Nous ne savons répondre. Le faire sera la tâche de jeunes chercheurs tels que Gilles Pierrevelcin, qui a consacré sa thèse aux relations entre la Bohême et la France à l'âge du Fer. Au vu des résultats déjà obtenus en corrélant les travaux français et tchèques, on peut espérer qu'une nouvelle association entre les archéologues des deux pays fera progresser ces questions. ■