

**EXPLORER • DÉCOUVRIR • COMPRENDRE**

## **PLONGÉE DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT**

# LE TÉLESCOPE GÉANT DE L'ATACAMA

# QUAND LES GRECS VOGUAIENT VERS MARSEILLE

The image shows the front cover of the May 2014 issue of National Geographic France magazine. The title "NATIONAL GEOGRAPHIC" is written in large, white, serif capital letters across the top half of the cover. Below the title, the word "FRANCE" appears in a smaller, white, serif capital letter. In the bottom left corner, the month "MAI 2014" is printed in a white, sans-serif font. A small yellow tractor is positioned in the lower-left area, angled towards the center. The background of the cover is a close-up photograph of green wheat stalks, creating a textured, organic feel.

MAI 2014

## FRANCE

# NOURRIR 7 MILLIARDS D'HUMAINS CHAQUE JOUR

## LA NOUVELLE RÉVOLUTION ALIMENTAIRE

GROUPE PRISMA MEDIA

W 04020 - 176 - F 5,20 € - RD





## NOUVELLE PEUGEOT 308 SW DES SENSATIONS EN GRAND



BETC Automobiles PEUGEOT 550 144 503 RCS Paris.

ORIGINE  
**FRANCE**<sup>®</sup>  
GARANTIE

BY Cert. 6033203

PEUGEOT RECOMMANDÉ TOTAL Consommation mixte (en l/km) : de 3,2 à 5,6. Émissions de CO<sub>2</sub> (en g/km) : de 85 à 129.

Avec ses lignes étirées, la nouvelle Peugeot 308 SW incarne avec simplicité et équilibre la rencontre entre break et design. Découvrez son toit panoramique en verre de 1,69 m<sup>2</sup> et son coffre de 1660 dm<sup>3</sup>, modulable en un clic avec la commande Magic Flat, pour vivre des sensations en grand.

### NOUVELLE PEUGEOT 308 SW

MOTION & EMOTION



TOIT PANORAMIQUE

PEUGEOT i-COCKPIT®

BANQUETTE MAGIC FLAT



PEUGEOT

*Pour vous faire aider,  
faites-lui du pied.*



## FORD KUGA

### > Hayon mains libres

Titanium 2.0 TDCi 140 ch 4x2

**169 € /mois<sup>(1)</sup> sans condition de reprise**  
**Entretien compris<sup>(2)</sup>**

**LOA IdéeFord 25 mois. 1<sup>er</sup> loyer de 6 847,70 €.**

**Montant total dû en cas d'acquisition : 26 477,70 €**

**Un crédit vous engage et doit être remboursé.**

**Vérifiez vos capacités de remboursement avant de vous engager.**

(1) Location avec option d'achat 25 mois pour un Kuga Titanium 2.0 TDCi 140ch Type 04-13. Prix maximum au 05/05/2014 : 30 000 €. Prix remisé : 25 200 € incluant 3 800 € de remise et 1 000 € de remise supplémentaire si véhicule commandé et livré avant le 31/05/2014. Kilométrage standard 25 000 km/an. Apport : 8 200 € dont Premier Loyer de 6 847,70 € et Dépôt de Garantie de 1352,30 € suivi de 24 loyers de 169 € (Entretien compris<sup>(2)</sup>). Option d'achat : 15 574 €. Montant total dû en cas d'acquisition : 26 477,70 €. Assurances facultatives. Décès-Incapacité à partir de 17,64 €/mois en sus de la mensualité. Offre réservée aux particuliers du 05/05/2014 au 31/05/2014. Sous réserve d'acceptation du dossier par Ford Credit, 34 rue de la Croix de Fer, 78174 St-Germain-en-Laye. RCS Versailles 392 315 776. N° ORIAS : 07031709. Délai légal de rétractation. (2) Entretien optionnel à 13 €/mois. Modèle présenté : Ford Kuga Titanium 2.0 TDCi 140 ch 4x2 avec Jantes alliage 18" 5 branches, Phares bi-Xénon, Pack Style, Pack Mains Libres et Peinture métallisée, au prix après promotion de 27 840 €, Apport, Dépôt de Garantie et Option d'achat identiques. Coût total : 29 174,82 €, 24 loyers de **281,40 €/mois**. Consommation mixte : 5,3 l/100 km. Rejet de CO<sub>2</sub> : 139 g/km.

Ford France, 34, rue de la Croix de Fer, 78122 St-Germain-en-Laye Cedex. SIREN 425 127 362 RCS Versailles.



**Go Further**



## L'ÉDITO de Jean-Pierre Vrignaud, rédacteur en chef



# Que mangerons-nous demain ?

Devinette : quelle activité humaine émet plus de gaz à effet de serre que tous les avions, autos et poids lourds réunis, consomme la plus grande partie de nos réserves d'eau, et pollue à grande échelle les écosystèmes lacustres, fluviaux et côtiers de la Terre ? Réponse : l'agriculture !

Le problème, bien sûr, c'est qu'on ne peut pas s'en passer. Surtout, la situation ne va pas s'arranger. D'ici à 2050, nous devrons nourrir 2 milliards de bouches supplémentaires. Qui plus est, l'enrichissement de pays comme l'Inde ou la Chine va faire exploser la consommation de viande, d'œufs et de produits laitiers. Or nourrir des bovins, des porcs et des poulets nécessite de cultiver des surfaces toujours plus importantes. Résultat : si l'on combine l'augmentation de la population et l'évolution de son régime alimentaire, nous allons devoir multiplier par deux la production agricole mondiale d'ici à la prochaine génération. L'enjeu est colossal. *National Geographic* contribue au débat en lançant ce mois-ci le premier volet d'une grande série d'enquêtes sur l'avenir de notre alimentation, qui seront publiées tout au long de l'année 2014. Il sera question d'agriculture biologique et d'exploitations industrielles, d'OGM et de changements dans nos habitudes alimentaires, d'aquaculture et de défrichage... Nous allons faire un état des lieux et évoquer les solutions envisageables. L'avenir de l'humanité est notre responsabilité à tous.

# Saisissez les plus beaux moments.

Quel que soit le lieu, quel que soit l'instant, réussissez le cliché parfait avec l'**Auto Focus ultra-rapide** et le **capteur de 16 millions de pixels** du nouveau Samsung Galaxy S5.

*My Life powered by*  
Samsung GALAXY S5



[www.samsung.com/fr/galaxys5](http://www.samsung.com/fr/galaxys5)

My life powered by Samsung Galaxy S5 = Ma vie est enrichie par le Samsung Galaxy S5.

DAS : 0.562 W/kg. Le DAS (débit d'absorption spécifique des téléphones mobiles) quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2 W/kg. Produits vendus séparément. © 2014 - Samsung Electronics France, Ovalie, CS 2003, 1 rue Fructidor, 93484 Saint-Ouen Cedex. RCS Bobigny 334 367 497. SAS au capital de 27 000 000 €. Cheil



DAVE YODER

Le radiotélescope géant ALMA scrute les galaxies, dans le désert d'Atacama, au Chili.

**Mai 2014**

## **54 Un plan en cinq étapes pour nourrir la planète**

D'ici à 2050, nous devrons nourrir 9 milliards d'humains. Pour y parvenir, nous devons changer notre manière de cultiver – et de penser. Premier article de notre grande série sur l'alimentation.  
*Par Jonathan Foley Photographies de George Steinmetz et Jim Richardson*

### **En couverture**

Moissonneuse  
dans un champ.

*Illustration: Jon Berkeley/  
Ikon Images/Corbis*

## **54 L'avenir de l'alimentation**

La situation des agricultrices dans le monde.

## **56 Scruter l'Univers**

Quand une étoile naît, le meilleur moyen de l'observer,  
c'est ALMA, le nouveau télescope gigantesque installé au Chili.  
*Par Yudhijit Bhattacharjee Photographies de Dave Yoder*

## **66 Une histoire de l'Univers**

Comment a-t-il commencé... et comment pourrait-il finir ?

*Illustrations de Moonrunner Design*



# Leffe

## LES ARTISANS DE L'APÉRITIF



L'apéritif est un moment idéal pour déguster une Leffe et redécouvrir des goûts authentiques. Leurs différents caractères et leurs saveurs fruitées, épicées, douces, amères, caramélisées se mélangent à la perfection avec du jambon artisanal. L'association du savoir-faire des maîtres-brasseurs de Leffe et des artisans charcutiers est, depuis des siècles, un mariage des plus étonnants et savoureux. Par exemple, l'amertume et la fraîcheur de la Leffe Blonde s'harmonisent à la perfection avec le jambon ibérique. Découvrez nos associations gourmandes pour l'apéritif sur [leffervescence.com](http://leffervescence.com)

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.



MIKE HETTWER

Armés de chalumeaux, des «découpeurs» bangladais démantèlent un navire.

## 70 Avec les démolisseurs de navires

Des ouvriers du Bangladesh risquent leur vie pour démanteler des cargos et des pétroliers hors d'usage.

Par Peter Gwin Photographies de Mike Hettwer

## 84 Plongée dans les eaux du Saint-Laurent

Du plancton aux baleines, le golfe du Saint-Laurent, au Canada, abrite une profusion de créatures chatoyantes.

Par Rob Dunn Photographies de David Doubilet et Jennifer Hayes

## 104 Comment les Phocéens voguèrent jusqu'à Marseille

Au VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., ces Grecs ont navigué jusqu'à Marseille. Comment ont-ils réussi un tel exploit ? Des archéologues ont élucidé les méthodes de construction de leurs navires.

Par Céline Lison Photographies de Teddy Seguin

## 112 La fleur et la chauve-souris

Certaines fleurs n'attendent pas que les chauves-souris les voient ; elles réfléchissent les sons des mammifères ailés pour les attirer.

Par Susan McGrath Photographies de Merlin D. Tuttle

### SERVICE ABONNEMENTS

NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE ET DOM-TOM  
62066 ARRAS CEDEX 09  
TEL : 0811 23 22 21

WWW.PRISMASHOP.NATIONALGEOGRAPHIC.FR

### CANADA : EXPRESS MAGAZINE

8155, RUE LAREY - ANJOU - QUÉBEC H1J2L5  
TEL : 800 363 1310

### ÉTATS-UNIS : EXPRESS MAGAZINE

PO BOX 2769 PLATTSBURG  
NEW YORK 12901-0239 - TEL : 877 363 1310

### BELGIQUE : PRISMA/EDIGROUP

BASTION TOWER ÉTAGE 20 - PLACE DU CHAMP-DE-MARS 5  
1050 BRUXELLES TEL : (032) 70 233 304  
PRISMA-BELGIQUE@EDIGROUP.BE

### SUISSE : EDIGROUP

39, RUE PEILLONNEX - 1225 CHÊNE-BOURG  
TEL : 022 860 84 01 - ABONNE@EDIGROUP.CH

### ABONNEMENT UN AN/12 NUMÉROS :

FRANCE : 45 €, BELGIQUE : 45 €,  
SUISSE : 14 MOIS - 14 NUMÉROS : 79 CHF,  
CANADA : 73 CAN\$ (AVANT TAXES)  
(OFFRE VALABLE POUR UN PREMIER ABONNEMENT)

### VENTE AU NUMÉRO ET CONSULTATION

TEL : 0811 23 22 21 (PRIX D'UNE COMMUNICATION LOCALE)

### COURRIER DES LECTEURS

NATIONAL GEOGRAPHIC  
13, RUE HENRI-BARBUSSE - 92624 GENNEVILLIERS CEDEX  
NATIONALGEOGRAPHIC@NGM-F.COM

# VISIONS

---





## Curieux comme un phoque

**États-Unis** À 160 km des côtes californiennes, près du banc de Cortes, un phoque très curieux jette un œil à travers une forêt d'algues. Celles-ci offrent aux phoques un festin de poissons – et un abri loin des prédateurs.

KYLE McBURNIE



## Âmes errantes au fil du fleuve

**Viêt Nam** Sur le fleuve Huong, à Huê, des jeunes femmes font flotter des bougies sur des fleurs de papier – des lumières pour les âmes errantes. Cette fête bouddhique, née dans la Chine médiévale, est désormais célébrée dans toute l'Asie.

PHAM TY





## Les champignons aux pieds verts

**Brésil** Des dizaines de champignons bioluminescents couvrent un bout de bois mort. Cette espèce – *Mycena lucentipes* – pousse sur les arbres à fleurs, dans les forêts pluviales du Brésil et de Porto Rico. On ignore si elle est comestible.

TAYLOR F. LOCKWOOD



# NOS ACTUS

## Les femmes ont les mains plus froides

Le vieux dicton «mains froides, cœur chaud» pourrait avoir un fond de vérité. Malgré une température corporelle interne pouvant être plus élevée de 0,2 °C chez les femmes, des chercheurs de l'université de l'Utah ont constaté que celles-ci ont les mains plus froides de 1,55 °C – soit une moyenne de 30,67 °C contre 32,22 °C pour les hommes. Les vaisseaux sanguins des extrémités sont les premiers à se contracter quand la température chute. La différence de réaction au froid selon les sexes n'est pas totalement élucidée, explique Fredrick Wigley, de l'université Johns Hopkins, mais les taux d'hormones et la masse musculaire pourraient jouer un rôle. Les femmes ont aussi jusqu'à cinq fois plus de risques de souffrir de la maladie de Raynaud – un arrêt temporaire du flux sanguin aux extrémités provoqué par une exposition au froid ou même par un stress émotionnel. Les doigts peuvent alors devenir blancs, bleus ou rouges, même en cas de baisse modérée de la température, comme lorsqu'on ouvre la porte d'un réfrigérateur. – Eve Conant

Une photo thermique montre la main d'une femme (en haut), plus froide que celle d'un homme (en bas).



Température moyenne des mains

♀ des femmes

30,67 °C

♂ des hommes

32,22 °C

30 ANS



# MERCI, LE VENT !

McKINLEY fête ses 30 ans – et me permet de profiter pleinement de la nature grâce à la **VESTE SOFTSHELL SAPPHIRE**, 100 % coupe-vent, dotée d'une membrane VENTMAX®.

VENTMAX  
PRO



Découvrez le film officiel de l'anniversaire

Liste des magasins participants sur [intersport.fr](http://intersport.fr)

RCS EVRY B 964 201123. Prix valable jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 2014.

 **INTERSPORT**  
LE SPORT COMMENCE ICI



*L'hippocampe s'approche furtivement de ses proies grâce à son museau allongé.*

## Le secret de l'hippocampe

Les hippocampes bougent maladroitement dans l'eau, ils n'ont pas de dents et leurs aliments de prédilection – de minuscules crustacés appelés copépodes – sont très difficiles à trouver. Alors comment ce poisson qui nage à la verticale réussit-il à attraper 90 % des proies qu'il poursuit ? Tout est dans la tête, répond Brad Gemmell, biologiste marin.

À l'aide d'un microscope équipé d'un laser et d'une caméra à haute vitesse, il a découvert que le museau de l'hippocampe permettait à celui-ci de s'approcher de sa cible sans créer de gros remous. Cela est essentiel, car les copépodes sont aveugles et se fient aux fluctuations des courants pour savoir quand prendre la fuite. « Les hippocampes sont considérés comme des animaux lents et passifs, explique Gemmell. Mais, en réalité, ce sont des prédateurs très efficaces. » — Catherine Zuckerman

**Le retour d'une arachide** La première cacahuète du sud des États-Unis – arrivée d'Afrique de l'Ouest à bord de navires négriers – fait sa réapparition. Appelée « Africaine de Caroline », cette variété a disparu il y a quatre-vingt-dix ans, supplantée par la « Virginie », moins sucrée, mais plus populaire. Aujourd'hui, le scientifique Brian K. Ward, de l'université de Clemson, et l'historien de l'alimentation David Shields, de l'université de Caroline du Sud, ressuscitent ce légume oublié en cultivant des graines des années 1930 retrouvées congelées dans une banque de semences. Ward a réalisé la première récolte (à droite) en novembre dernier. Dans deux ans, prédit-il, les autochtones pourront retrouver le goût du passé. — C.Z



# Pays de diversités.

La Croatie offre des itinéraires merveilleux, de la chaleur de l'Adriatique et de ses îles, à la sérénité des massifs montagneux jusqu'aux forêts et champs dorés de Croatie continentale. C'est l'un des pays les mieux préservés d'Europe : *8 parcs nationaux, 11 parcs naturels, 6 sites culturels classés au Patrimoine Mondial de l'Unesco...* Une simple promenade dans une ville ou un village de Croatie se transformera en un somptueux voyage historique, tandis que les parcs nationaux et les îles seront un cadre enchanteur pour de belles randonnées.



Avec ses *2736 heures de soleil par an*, c'est un petit paradis qui peut se visiter toute l'année, en autotour, circuit, croisière, séjour ou court-séjour. Si vous êtes amateur d'îles de rêve, vous aurez le choix parmi les *1244 îles et îlots*, dont des îles à la beauté sauvage et aux noms évocateurs : *Cres, Lošinj, Dugi Otok, Brač, Hvar, Korčula, Mljet, Vis, Lastovo...* A seulement 2h de vol de la France, la Croatie vous promet du dépaysement et de l'authenticité dans des paysages variés et préservés.

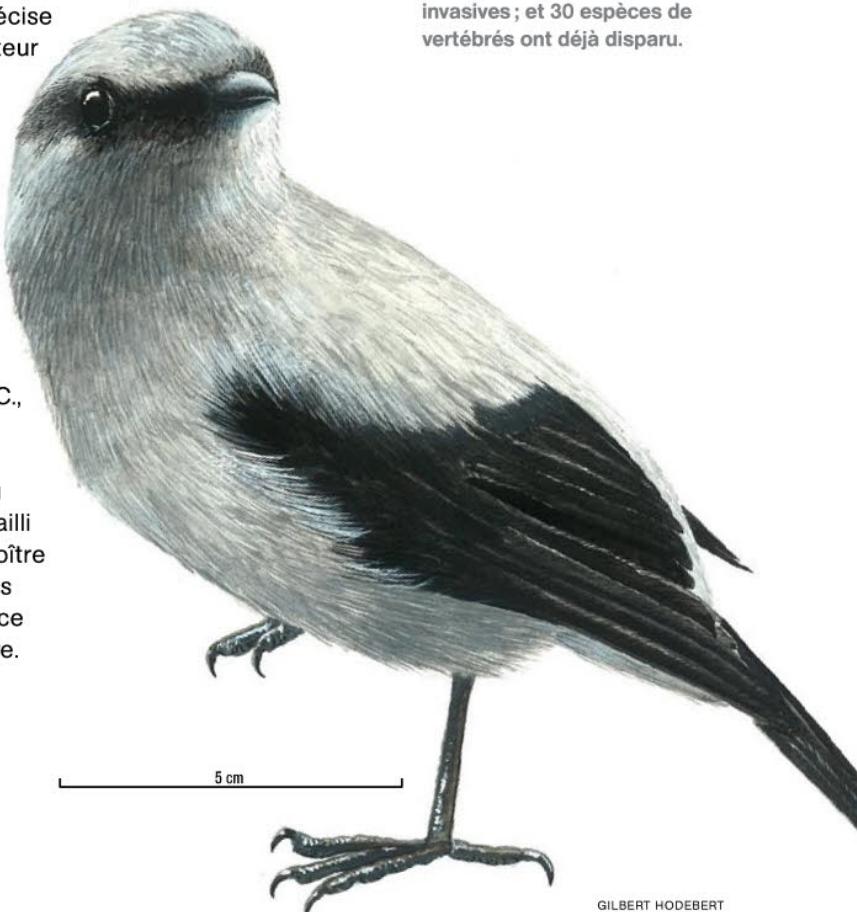
## Le tuit-tuit fait de la résistance

Il y a 350 ans, des hommes s'installent pour la première fois sur l'île de La Réunion. Dans leurs bagages, des chats et des rats ! Quel a été l'impact de leur arrivée sur la faune et la flore de l'île ? Une équipe de chercheurs franco-portugaise s'est penchée sur le cas d'un oiseau endémique parmi les plus menacés : *Coracina newtoni*, baptisé localement «tuit-tuit». Objectif : reconstituer son passé démographique. En 1665, les premières observations naturalistes indiquent que les tuit-tuets étaient «abondants» et répartis sur l'île dès 800 m d'altitude. Las ! Rats et chats ont eu raison de cette richesse. Désormais, il reste moins de cent tuit-tuets, réfugiés à plus de 1 300 m d'altitude, sur seulement 12 km<sup>2</sup>. Ce volatile a-t-il connu d'autres menaces que celles apportées par l'homme ? Afin de le savoir, les chercheurs ont étudié la diversité génétique de l'espèce, qui est corrélée à la taille de la population. «Une grande population présente plus de caractères différents qu'une petite», précise Jordi Salmona, doctorant et premier auteur de l'étude sur *Coracina newtoni* publiée dans la revue *Plos One*. Ainsi, grâce à une sélection de marqueurs génétiques et à des études statistiques, les scientifiques sont parvenus à retracer l'histoire du tuit-tuit au cours de l'Holocène (la période correspondant aux 10 000-12 000 dernières années). Et tout porte à croire que l'oiseau n'en est pas à sa première menace d'extinction. Entre 8 000 av. J.-C. et 1 000 ap. J.-C., sa population a plusieurs fois décliné, probablement à cause de périodes de grande sécheresse et d'une éruption du Piton de la Fournaise. L'espèce a alors failli disparaître, avant de recommencer à croître progressivement. Aujourd'hui, des efforts de conservation sont en cours afin que ce «résistant» survive à nouveau à l'Histoire.

— Céline Lison avec Benoît Fontaine

## À La Réunion, un habitat chamboulé par l'homme

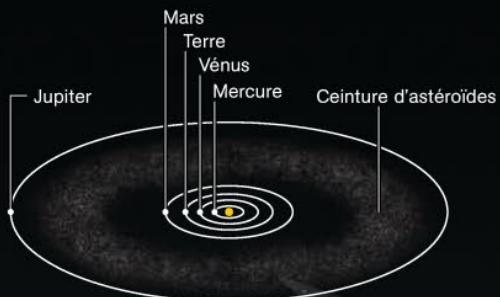
Depuis l'arrivée des premiers habitants, il y a 350 ans, la population de l'île de La Réunion a crû, jusqu'à atteindre 800 000 personnes aujourd'hui. Dans ce laps de temps, 73 % de la couverture végétale originale a été remplacée par des surfaces agricoles ou des zones urbaines ; 40 espèces de vertébrés et 3 500 espèces de plantes ont été introduites, dont une soixantaine très invasives ; et 30 espèces de vertébrés ont déjà disparu.



GILBERT HODEBERT

# Astéroïdes en vue

Des astéroïdes de la taille de celui qui a provoqué une explosion de météores au-dessus de la Russie en 2013 pénétreraient dans l'atmosphère tous les trente ans – dix fois plus souvent qu'on ne le pensait. Selon Tom Jones, un ancien astronaute de la Nasa, des alertes précocees permettraient de les stopper. Des missions robotisées pourraient percuter un astéroïde ou planer au-dessus pour exercer une attraction gravitationnelle. Ainsi, dit Jones, il serait peut-être possible de modifier suffisamment la vitesse de l'astéroïde «pour lui faire rater son rendez-vous avec la Terre». —Eve Conant



## D'où viennent les météorites ?

### DE LA LUNE ET DE MARS

Les impacts d'astéroïdes projettent des débris, appelés éjectas.



0,2 %

sont des éjectas de la Lune et de Mars

### DE LA CEINTURE D'ASTÉROÏDES

Environ 50 % de la masse de la ceinture est située dans ces quatre astéroïdes :



## Tout ce qui tombe du ciel

### MÉTÉORE

Ces traînées de lumière créées par des particules vaporisées sont aussi appelées étoiles filantes.

### MÉTÉOROÏDE

Plus petits que les astéroïdes, ces fragments de débris sont en orbite autour du Soleil et certains tombent sur la Terre.

### POUSSIÈRE MÉTÉORIQUE

Jusqu'à 90 t de fragments et de particules, dont les vestiges de la formation du Système solaire, entrent chaque jour dans l'atmosphère terrestre.

### MÉTÉORITE

Une météorite est un morceau d'astéroïde ou de comète qui atteint la surface terrestre. Elle pèse en moyenne une trentaine de grammes, l'équivalent d'une grosse bille.

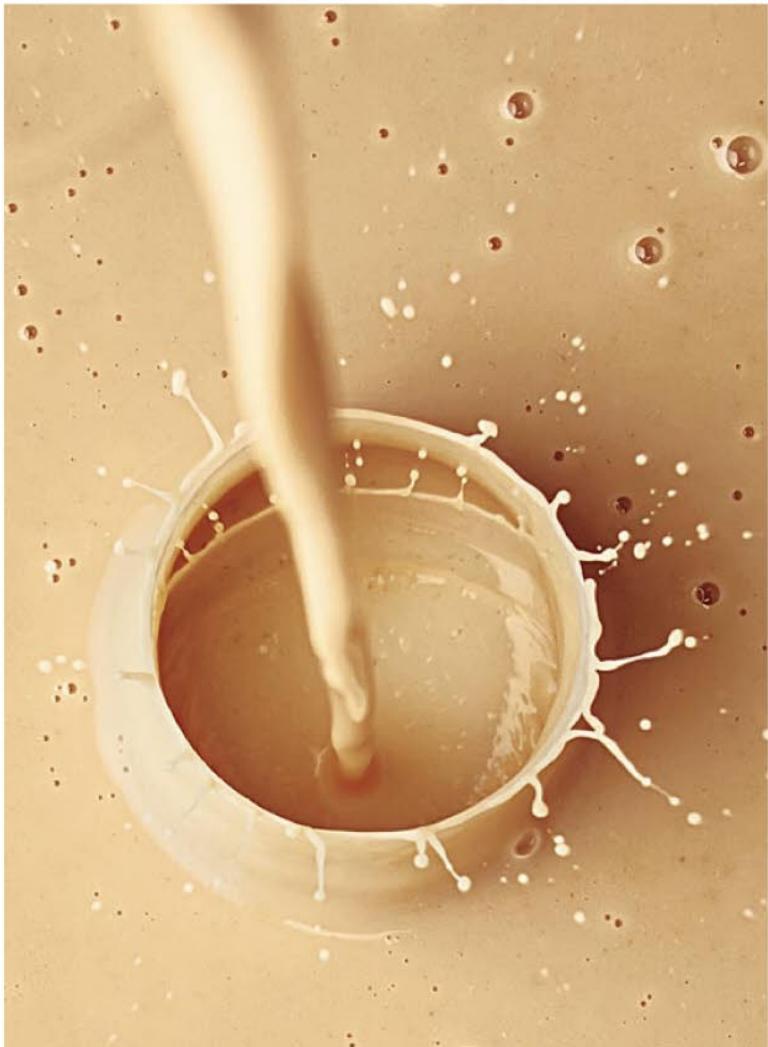
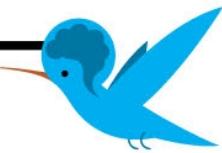
## Météorites sur Terre

La plus grande météorite encore intacte se trouve en Namibie. Elle pèse environ 55 t.

Le météore qui a explosé au-dessus de Tcheliabinsk, en Russie, est le plus gros objet connu à entrer dans l'atmosphère terrestre depuis 1908. De ses 12 000 t, 76 % se sont vaporisés au-dessus de la Terre.



Le cerveau d'un colibri représente 4,2 % de sa masse corporelle, soit la plus forte proportion parmi les oiseaux. Celui d'un humain fait environ 2 % du poids total de l'individu.

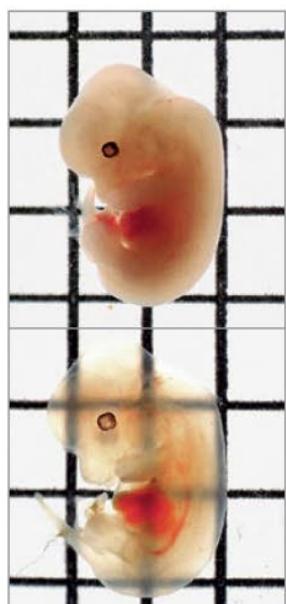


## Un effort de transparence

Les chercheurs étudient les structures internes des organes pour comprendre les maladies et les fonctions du corps. Mais ils peuvent être gênés par les tissus environnants. Le biologiste Takeshi Imai a trouvé une parade : si on baigne ces tissus dans une solution d'eau et de fructose, ils deviennent transparents (voir l'embryon de souris, ci-dessous). Jusqu'ici, on utilisait des produits chimiques, mais ceux-ci agissaient lentement et étaient parfois toxiques. Ils pouvaient aussi modifier les structures et dégrader les colorants destinés à marquer le système nerveux. La solution de Takeshi Imai est la première à garder intact l'objet de l'étude. —J.R.

## Nouveau : la boisson moléculaire

Pour Rob Rhinehart, développeur informatique, l'avenir de l'alimentation humaine ne réside pas dans l'agriculture et l'élevage. Lassé de perdre du temps et de l'argent à manger des repas normaux, il a inventé une solution de remplacement «en décomposant la nourriture jusqu'au niveau moléculaire». Après plusieurs mois de recherches sur ce qui compose les cellules humaines et ce qu'elles produisent, Rhinehart a mis au point un liquide épais et insipide, avec un petit arrière-goût chimique, qu'il a baptisé *soylent* (ci-dessus). Ce dernier contient plus de trente ingrédients, dont du carbonate de calcium, du cuivre et du sélénium. Le prix et l'efficacité ne sont pas les seules motivations de l'inventeur. Il espère que son *soylent* favorisera une meilleure nutrition dans les régions pauvres en ressources. —Johnna Rizzo





## On a scanné Bob le Bison

Bob le Bison (ci-dessus) est un bison des steppes qui vivait en période glaciaire, il y a 36 000 ans. Le muséum d'histoire naturelle de l'Idaho veut présenter ce squelette, ainsi que l'ensemble de ses collections, au grand public. Bob a donc été intégré à une bibliothèque en ligne regroupant des scans de fossiles – comme ceux de requins disparus – et d'objets archéologiques – tels que des arcs et des flèches. Les scans à 360° de ces artefacts, qui peuvent être retournés et agrandis, offrent des détails imperceptibles à l'œil nu. Pour Herb Maschner, le directeur du musée, ce projet va dans le sens d'une démocratisation de la science et d'une préservation de spécimens fragiles. Plus de 15 000 ossements et objets ont déjà été scannés. Bob le Bison et d'autres pièces de la collection du muséum sont visibles à l'adresse : [ivl.imnh.isu.edu](http://ivl.imnh.isu.edu). — *Johnna Rizzo*



Dauphin commun à bec court



Bœuf musqué



Morse

**ET CETERA**

La Chine – premier marché mondial d'ivoire illégal – a broyé en public plus de **SIX TONNES D'IVOIRE SAISI** pour décourager ce trafic. ▶ En Inde, **UNE PÉNURIE D'OIGNONS**, un ingrédient de base de la cuisine locale, a provoqué une flambée de leur prix de 248 % en 2013. ▶ Des archéologues ont découvert que **LES HABITANTS DE POMPÉI** mangeaient de la girafe au restaurant. ▶ Des astronomes ont annoncé la détection d'un possible **OBJET DE THORNE-ŽYTKOW** – une étoile à neutrons à l'intérieur d'une supergéante rouge.

**ENQUÈTE**

**Notre grande série 2014 sur  
l'avenir de l'alimentation**

D'ici à 2050, nous devrons nourrir 2 milliards de personnes supplémentaires. Pendant huit mois, cette série spéciale étudiera les moyens d'y parvenir. Sans saccager la planète.

Où trouverons-nous  
assez de ressources  
alimentaires pour  
9 milliards d'humains ?

*Il ne s'agit pas de choisir entre les grandes exploitations industrielles et les petites fermes biologiques. Une autre voie est possible.*

# Un plan en cinq étapes pour nourrir la planète

Par *Jonathan Foley*

Photographies de *George Steinmetz et Jim Richardson*



### **LES MACHINES AU SECOURS DES HOMMES**

Sur l'exploitation agricole de Vulgamore, dans le Kansas (États-Unis), chaque machine moissonne jusqu'à 10 ha de blé à l'heure... ainsi que des données en temps réel sur les rendements. La majeure partie de la nourriture que les Américains consomment provient de grandes exploitations mécanisées et dédiées à la monoculture.





### POULES AUX ŒUFS D'OR

À la ferme de Mantiqueira, au Brésil, 8 millions de poules pondent 5,4 millions d'œufs par jour. Des tapis roulants emportent les œufs vers un atelier de conditionnement. En quarante ans, la consommation d'œufs a été multipliée par sept dans les pays en développement, tandis que la demande de viande a triplé.

GEORGE STEINMETZ



## DU MAIS POUR LE BÉTAIL

Un excédent de maïs s'entasse à côté de silos pleins, dans le Mato Grosso. Cet État brésilien exporte une part conséquente de ses céréales en Corée du Sud et en Chine pour l'alimentation des porcs et des poulets. Les experts estiment que la production agricole devra doubler d'ici à 2050 en partie pour répondre à la demande de nourriture pour le bétail.

GEORGE STEINMETZ







## L'avenir de l'alimentation

# *Quand nous envisageons les menaces qui pèsent sur l'environnement, nous pensons en général aux automobiles et aux cheminées, pas à nos assiettes. Nos besoins alimentaires constituent*

pourtant un très grand danger pour la planète. L'agriculture est l'un des plus importants contributeurs au réchauffement climatique, car elle émet plus de gaz à effet de serre que tous nos poids lourds, voitures, avions et trains réunis. Ces gaz proviennent essentiellement du méthane dégagé par les ruminants et les rizières, de l'oxyde d'azote émis par les champs fertilisés et du dioxyde de carbone provenant de l'abattage des forêts tropicales. Le secteur agricole est le plus gros consommateur de nos précieuses réserves d'eau ; c'est aussi l'un des principaux pollueurs, car le ruissellement des engrains et du fumier perturbe les fragiles écosystèmes lacustres, fluviaux et côtiers de la Terre. L'agriculture accélère également la perte de biodiversité. En remplaçant des zones de prairies et de forêts par des fermes, nous avons détruit des habitats essentiels, ce qui a précipité l'extinction de certaines espèces sauvages.

L'agriculture pose des défis environnementaux gigantesques ; ils ne deviennent que plus urgents à mesure que nous tentons de satisfaire les besoins alimentaires croissants de la planète. D'ici à 2050, nous aurons vraisemblablement 2 milliards de bouches supplémentaires à nourrir, soit plus de 9 milliards de personnes. Mais la croissance démographique n'est pas la seule raison pour laquelle il nous faudra produire davantage de denrées. La progression de la prospérité dans le monde, particulièrement en Chine et en Inde, accroît la demande de viande, d'œufs et de produits laitiers ; en retour, celle-ci nous pousse à cultiver davantage de maïs et de soja pour nourrir davantage de bovins, de porcs et de poulets. Si cette tendance se confirme, nous devrons presque multiplier par deux la quantité des cultures actuelles pour répondre au double problème de la croissance démographique et d'une alimentation plus riche. (suite page 39)

**LA NOURRICE ANDINE** Dans les Andes péruviennes, Estela Cóndor cultive des pommes de terre, ainsi qu'un tubercule jaune appelé *mashua*, et les vend au marché. Les petits paysans comme elle nourrissent une grande partie des habitants des pays en développement.

JIM RICHARDSON



**Mali**

Bassama Camara, Siby



**Ukraine**

Olexandra Salo, Hlynske



**États-Unis**

Chris Covelli, Wisconsin



**Ukraine**

Valentin Tarasov, Starovyshnevetske



## Bangladesh

Anwara Begum, Sajriali



## Royaume-Uni

Paul McGlynn, île de Skye



## Indonésie

Pak Kompiang, Bali



## Éthiopie

Girma Wodajo, Tulu Rei



## LES PETITS FERMIERS BANGLADAIS

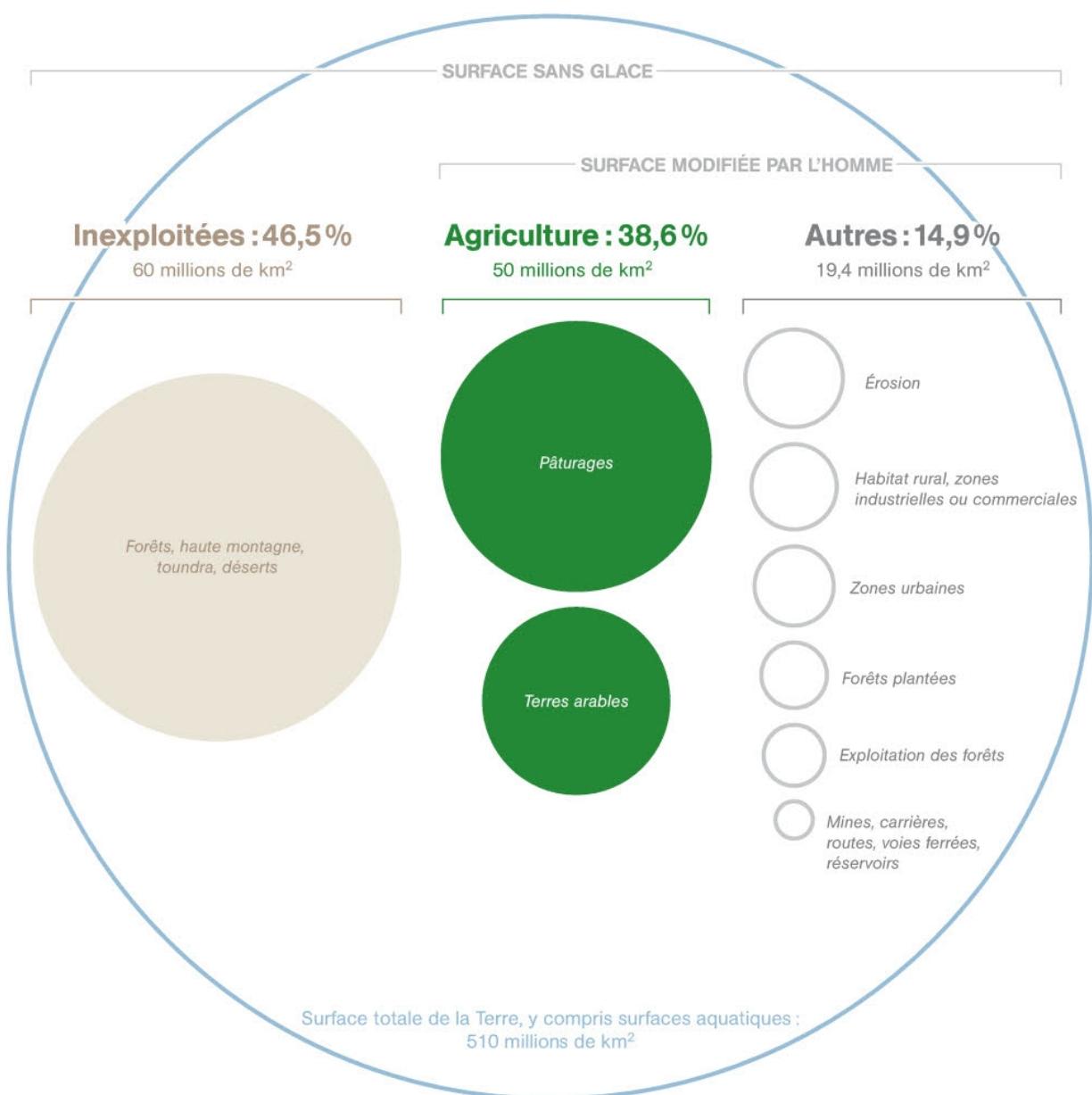
Les petites fermes, telle celle de ces villageois de Jaghati, au Bangladesh, ont un rendement moindre que celui des grandes exploitations. Mais les denrées qu'elles produisent finissent plus souvent dans l'assiette des gens.

JIM RICHARDSON



## L'empreinte écologique de l'agriculture

L'exploitation du sol pour l'agriculture et l'élevage occupe plus de 38 % des terres libres de glace. Autre impact humain important : l'érosion provoquée par l'agriculture, la construction et les exploitations forestière et minière.



INFOGRAPHIE ET CARTE PAR VIRGINIA W. MASON ET JASON TREAT, ÉQUIPE DU NGM. SOURCE : ROGER LEB. HOOKE, UNIVERSITÉ DU MAINE

(suite de la page 33) Malheureusement, le débat sur les moyens de relever ce défi alimentaire s'est clivé, dressant l'agriculture conventionnelle et le commerce international contre l'agriculture biologique et les réseaux de proximité. Les partisans de l'agriculture conventionnelle disent que la mécanisation, l'irrigation, les engrains et les modifications génétiques peuvent accroître les rendements. Ils ont raison. De leur côté, les défenseurs de l'agriculture biologique répliquent que les petits paysans peuvent faire de même – et sortir de la pauvreté – en adoptant des techniques qui améliorent la fertilité des sols sans l'aide d'engrais chimiques ni de pesticides. Ils ont également raison.

Les deux approches apportent des solutions cruciales ; aucune ne suffit à elle seule. Après analyse, voici un plan susceptible de résoudre le dilemme alimentaire mondial tout en réduisant les dégâts causés sur l'environnement.

#### **PREMIÈRE ÉTAPE** *Geler l'empreinte écologique de l'agriculture*

Pendant des siècles, chaque fois que nous avons eu besoin de produire davantage de denrées, nous nous sommes contentés d'abattre des forêts ou de labourer des prairies pour y installer de nouvelles fermes. Nous avons déjà défriché une superficie équivalente à celle de l'Amérique du Sud pour faire place aux cultures. Pour élever du bétail, nous avons déblayé une surface de terres encore plus grande, à peu près équivalente à celle de l'Afrique. L'empreinte écologique de l'agriculture a entraîné la disparition d'écosystèmes entiers sur la Terre, notamment la forêt atlantique brésilienne et les prairies d'Amérique du Nord. Le déboisement des forêts tropicales se poursuit à un rythme inquiétant, mais nous ne pouvons plus nous permettre d'accroître la production alimentaire en recourant à l'expansion agricole.

---

*Jonathan Foley dirige l'Institut de l'environnement à l'université du Minnesota. Jim Richardson a réalisé les portraits de fermiers dans le cadre de son travail documentaire sur l'agriculture. Les plans larges de George Steinmetz dévoilent les paysages dédiés à l'alimentation industrielle.*

Remplacer la forêt tropicale par des terres cultivables est non seulement l'un des actes les plus destructeurs pour l'environnement, mais il bénéficie rarement aux 850 millions de personnes qui souffrent encore de malnutrition dans le monde. La plupart des terres dégagées dans les régions tropicales servent à produire du bœuf, du soja pour le bétail, du bois et de l'huile de palme. Arrêter la déforestation est une priorité absolue.

#### **DEUXIÈME ÉTAPE** *Accroître le rendement des exploitations actuelles*

Lancée dans les années 1960, la Révolution verte a eu un coût environnemental important mais a permis d'augmenter la productivité agricole en Asie et en Amérique latine grâce à l'utilisation de meilleures variétés de cultures, de machines, de l'irrigation et de davantage d'engrais. Désormais, le monde peut s'attacher à augmenter les rendements de terres cultivables moins productives : en Afrique, en Amérique latine et en Europe de l'Est, notamment, on constate des « écarts de rendement » entre les niveaux actuels de production et ceux qu'il serait possible d'atteindre en recourant à des systèmes agricoles de haute technologie et de précision, ainsi qu'à des méthodes empruntées à l'agriculture biologique. Cela permettrait de tripler, voire quadrupler les rendements de ces régions.

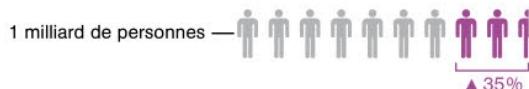
#### **TROISIÈME ÉTAPE** *Utiliser les ressources plus efficacement*

L'agriculture commerciale a commencé à faire d'énormes progrès : elle a mis au point des méthodes novatrices pour mieux cibler l'application d'engrais et de pesticides à l'aide de tracteurs informatisés dotés de GPS et de capteurs perfectionnés. De nombreux producteurs emploient des mélanges d'engrais adaptés à la nature exacte de leur sol, ce qui permet de réduire l'écoulement de produits chimiques dans les cours d'eau avoisinants. L'agriculture biologique peut, elle aussi, fortement réduire la consommation d'eau et de produits chimiques en faisant appel à des cultures de couverture, du paillis et du compost afin d'améliorer la qualité des sols, retenir l'eau et constituer des nutriments.



## Un monde aux besoins croissants

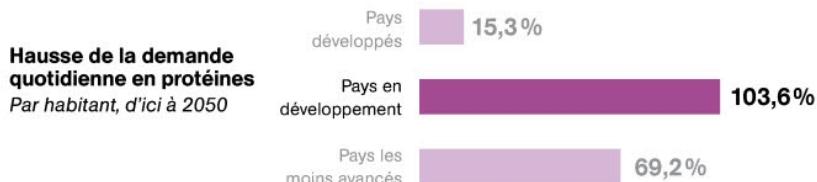
D'ici à 2050, la population mondiale augmentera probablement d'environ 35 %.



Pour nourrir cette population, la production agricole devra **doubler**.



La production devra largement dépasser la croissance démographique car les pays en développement vont consommer plus de viande.



SOURCE : DAVID TILMAN, UNIVERSITÉ DU MINNESOTA

Un grand nombre d'exploitants agricoles font aussi un meilleur usage de l'eau, en remplaçant des systèmes d'irrigation inefficaces par des méthodes plus précises, tel le goutte-à-goutte enterré. Les progrès réalisés à la fois en agriculture conventionnelle et biologique peuvent nous permettre de tirer un meilleur « rendement par goutte » de l'eau et des nutriments.

**QUATRIÈME ÉTAPE** *Modifier notre alimentation*  
Il serait plus facile de nourrir 9 milliards d'êtres humains si davantage de cultures finissaient directement dans leurs estomacs. Actuellement, seules 55 % des calories agricoles mondiales nourrissent les hommes contre environ 36 % pour le bétail. Les 9 % restants sont transformés en biocarburants et en produits industriels. Si nous sommes nombreux à manger de la viande,

des produits laitiers et des œufs provenant d'animaux élevés dans des parcs d'engraissement, seule une fraction des calories contenues dans l'alimentation donnée au bétail se retrouve dans la viande et le lait que nous consommons. Pour 100 calories de céréales données aux animaux, nous n'obtenons qu'environ 40 nouvelles calories de lait, 22 calories d'œuf, 12 de poulet, 10 de porc ou 3 de bœuf. En améliorant les méthodes pour produire de la viande et en adoptant des modes d'alimentation différents – ne serait-ce qu'en remplaçant le bœuf nourri au grain par des viandes telles que le poulet, le porc ou le bœuf élevé en plein air –, nous pourrions récupérer d'importantes quantités de nourriture pour les hommes. Il en irait de même si nous réduisions l'utilisation des cultures alimentaires destinées aux biocarburants.

**L'ESPOIR AFRICAIN** Mariam Keita récolte des arachides dans une ferme de Siby, au Mali. La Révolution verte – fondée sur l'utilisation de semences hybrides, d'engrais et de l'irrigation – n'a jamais pris en Afrique. Aujourd'hui, en augmentant leurs rendements, les pays subsahariens offrent une formidable occasion d'accroître la production alimentaire mondiale.

JIM RICHARDSON

## CINQUIÈME ÉTAPE Réduire le gaspillage

On estime qu'environ 25 % des calories alimentaires mondiales et jusqu'à 50 % du poids total des denrées alimentaires sont perdues ou gaspillées avant de pouvoir être consommées. Dans les pays riches, la plus grande partie de ce gâchis provient des foyers, des restaurants et des supermarchés. Dans les pays pauvres, la nourriture se perd souvent entre le paysan et le marché, à cause de mauvaises conditions de conservation ou de transport. Les consommateurs du monde développé pourraient réduire le gaspillage en prenant des mesures simples, telles que servir des portions plus petites, manger les restes et encourager les cafétérias, les restaurants et les supermarchés à adopter des mesures pour réduire les déchets. De toutes les solutions pour améliorer la disponibilité alimentaire, la gestion des déchets serait l'une des plus efficaces.

ENSEMBLE, CES CINQ ÉTAPES pourraient plus que doubler les ressources alimentaires et réduire considérablement l'impact environnemental de l'agriculture sur la planète. Par chance, nous savons déjà ce que nous avons à faire ; il ne nous reste plus qu'à trouver les moyens de le faire. Face au défi de la sécurité alimentaire, chacun de nous doit prêter davantage d'attention à ce qu'il met dans son assiette. Nous devons créer des liens entre notre nourriture et les agriculteurs qui la produisent, mais aussi entre notre nourriture et la terre, les cours d'eau et le climat qui nous font vivre. Au moment de faire nos courses, nos choix contribuent à décider de l'avenir. □

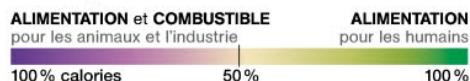
## Dans notre prochain numéro : l'aquaculture

Nous consommons déjà davantage de poisson d'élevage que de bœuf.

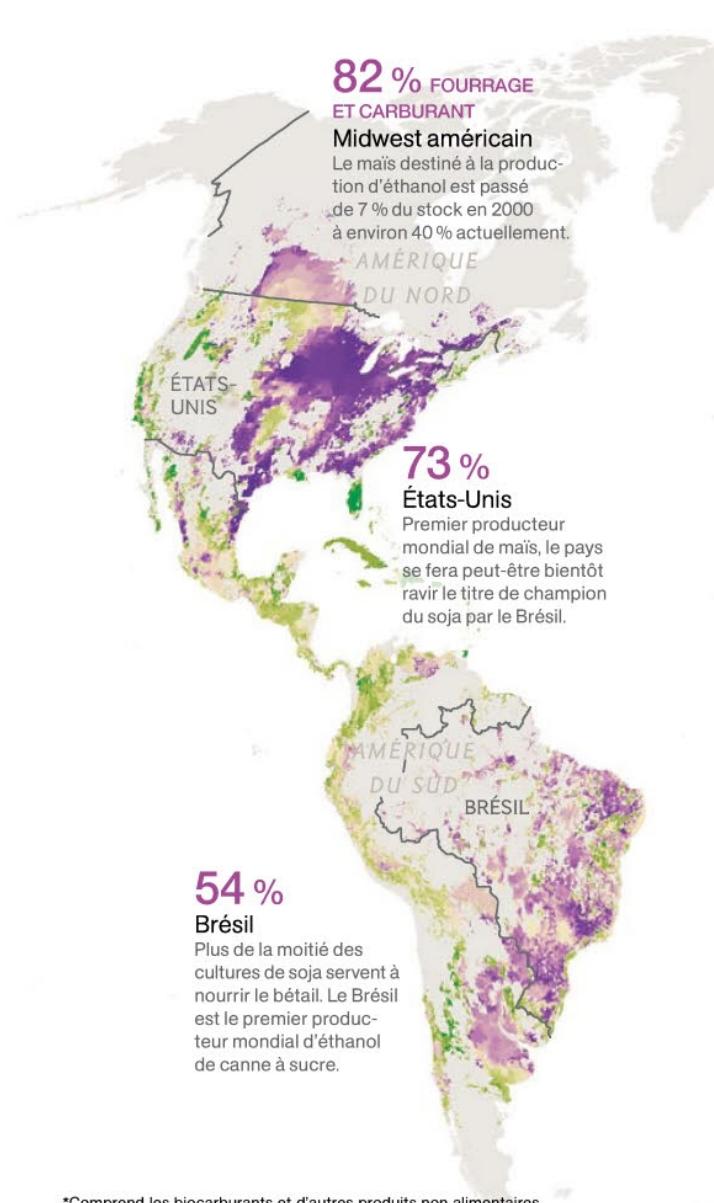
La «révolution bleue» résoudra-t-elle le problème alimentaire mondial ?

Le magazine remercie la Fondation Rockefeller et les membres de la National Geographic Society, dont le généreux soutien a permis à cette série d'articles de voir le jour.

### Où sont produites les calories ?



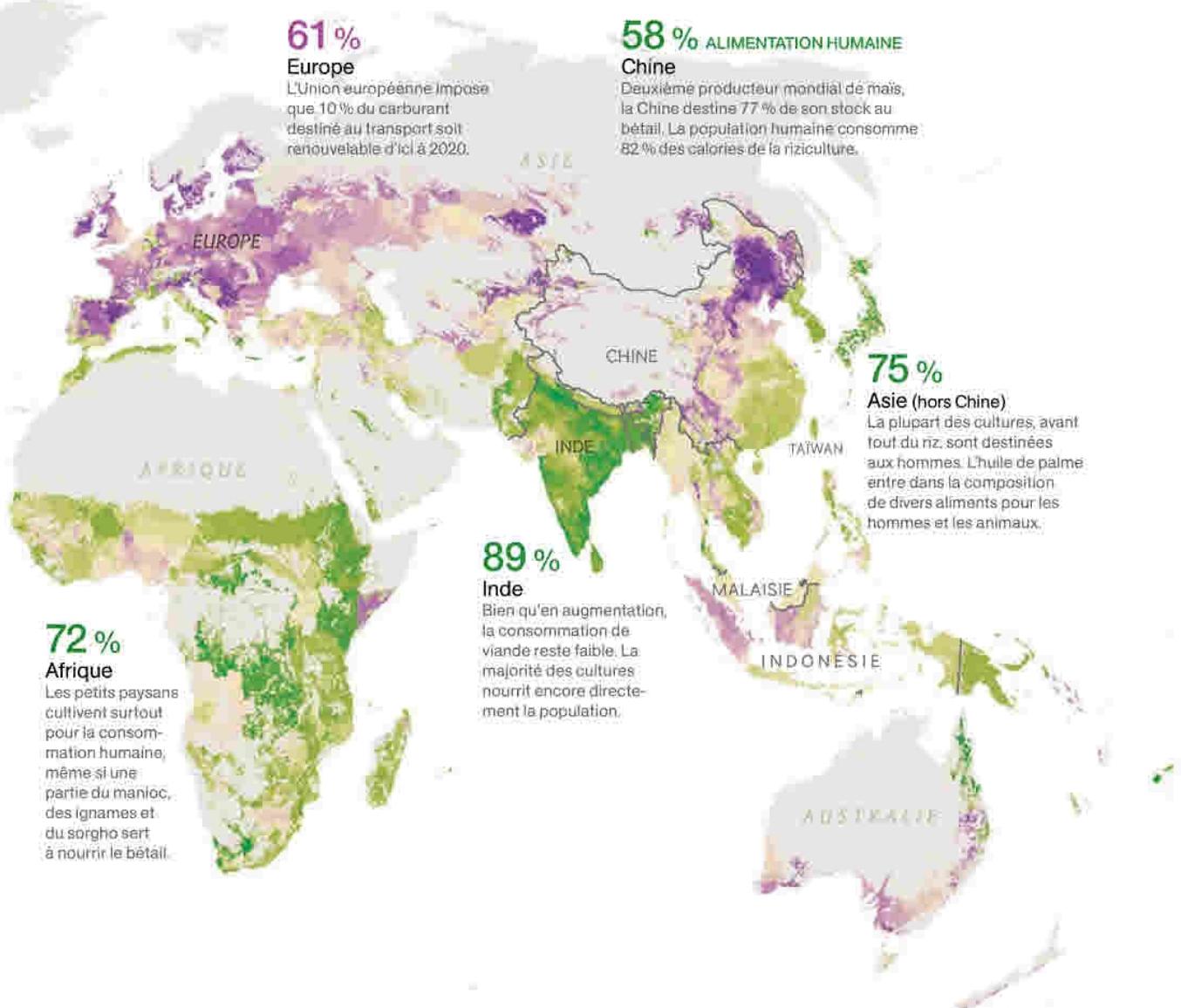
### Comment sont utilisées les calories agricoles mondiales ?



SOURCES : GLOBAL LANDSCAPES INITIATIVE, INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT, UNIVERSITÉ DU MINNESOTA

## Alimentation humaine contre fourrage et carburant

Les pourcentages figurant sur la carte montrent si la majeure partie des calories agricoles d'une région sont destinées directement à la consommation humaine (en vert) ou à la consommation animale et aux biocarburants (en violet). Seules 55 % des calories issues des cultures vivrières mondiales nourrissent directement la population.



## DÉFORESTATION À GRANDE ÉCHELLE

Des agriculteurs brésiliens ont déboisé cette parcelle de la forêt tropicale amazonienne pour cultiver du maïs. Seuls subsistent les noyers du Brésil, qui sont protégés par la loi. La déforestation a augmenté de 37% en un an dans l'État septentrional du Pará.

GÉORGE STEINMETZ







#### VERS DES PORCHERIES PLUS « VERTES »

Dans la porcherie de l'entreprise Nutribras, au Brésil, les truies sont isolées dans des cages afin d'allaiter leurs petits sans les écraser. Les exploitations porcines peuvent être très polluantes, mais Nutribras recycle les déjections des animaux pour produire des engrangés et de l'électricité à base de méthane.

GEORGE STEINMETZ



## L'ÉPUISEMENT DES RESSOURCES

Sur l'exploitation Bassetti, en Californie, les ouvriers récoltent du céleri qui sera expédié vers des points de vente aux États-Unis et en Asie. La vallée de Salinas dépend des nappes phréatiques pour l'irrigation, ce qui pourrait devenir problématique si la sécheresse actuelle persiste.

GEORGE STEINMETZ







#### LE POULET RÉGALE LES PALAIS

Chaque mois, quelque 4,5 millions de poulets sont tués et emballés dans cette usine proche de Sidrolândia, au Brésil. Les morceaux parcourront la planète : les ailes et les pattes iront surtout en Chine ; les cuisses, au Japon ; et le blanc, en Europe. La production de poulet augmente beaucoup plus rapidement que celles de porc et de bœuf.

GEORGE STEINMETZ





#### MODIFICATION GÉNÉTIQUE

Au laboratoire Monsanto, en Caroline du Nord, une cabine photo enregistre automatiquement la croissance de plants de maïs. L'entreprise tente de mettre au point des souches de maïs et de soja nécessitant moins d'eau et d'engrais, deux ressources essentielles à économiser. Mais l'utilisation d'OGM reste controversée dans de nombreux pays.

GEORGE STEINMETZ



## L'avenir de l'alimentation

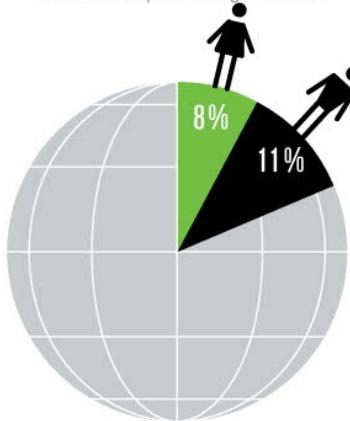
# La situation des agricultrices

Les agricultrices sont aussi douées que leurs homologues masculins, affirme l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Pourtant, à cause d'un accès aux ressources plus limité (éducation, crédit...), elles obtiennent des rendements inférieurs. D'ici à 2050, la population mondiale devrait compter 2 milliards d'habitants supplémentaires et la demande alimentaire pourrait augmenter de 60 %. Combler l'écart entre les sexes dans l'agriculture permettrait non seulement de combattre la faim, mais aussi de fournir «des effets secondaires positifs», explique Anna Fälth d'ONU Femmes. «Quand elles prennent leur vie en main, les femmes ont des enfants en meilleure santé et mieux éduqués.» — Kelsey Nowakowski

### LES FEMMES DANS L'AGRICULTURE

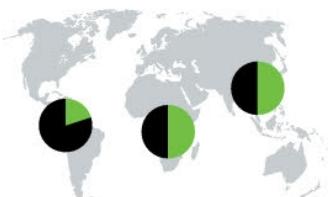
# 564 millions

Les agricultrices représentent 8 % de la population mondiale, contre 11 % pour les agriculteurs.



# 43 %

DE LA MAIN-D'ŒUVRE AGRICOLE DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT EST FÉMININE.



Cette main-d'œuvre est à 20 % féminine en Amérique latine, et à près de 50 % en Asie orientale et en Afrique subsaharienne.

### Le problème

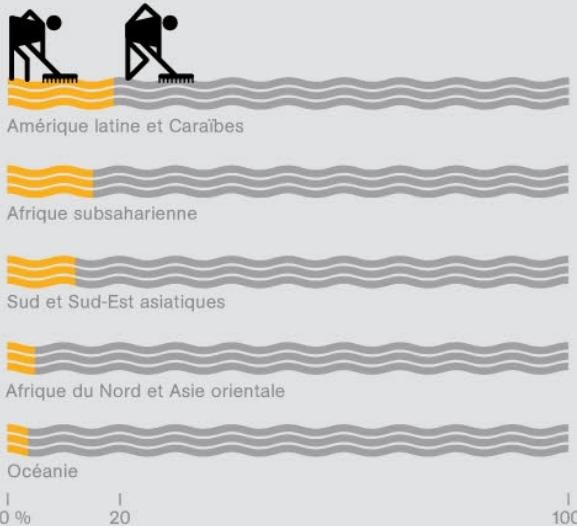
L'écart de rendement entre les hommes et les femmes est en moyenne de 20 à 30 %, pour des raisons diverses.



### PROPRIÉTAIRES TERRIENS

#### POURCENTAGE DE PROPRIÉTAIRES TERRIENS PAR GENRE

Dans les pays en développement, seuls 10 à 20 % des propriétaires terriens sont des femmes.



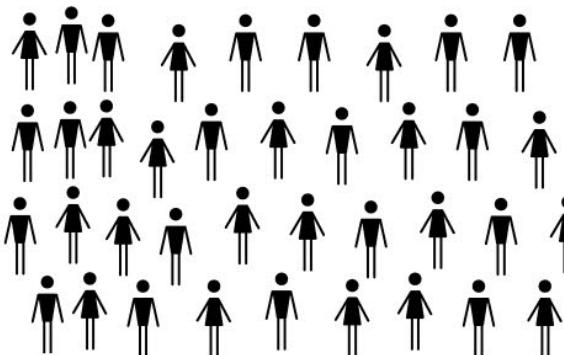
### La solution

Combler le fossé entre les sexes pourrait entraîner une hausse des rendements pouvant atteindre 4 % dans les pays en développement. Cela pourrait réduire le nombre de personnes sous-alimentées de 130 millions, soit une baisse de 15 % au niveau mondial.

# 870 millions

POPULATION SOUS-ALIMENTÉE DANS LE MONDE

Chaque personnage = 10 millions de personnes



# dans le monde

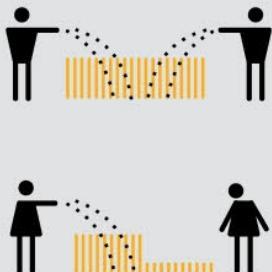
## FINANCES

## PAS DE CRÉDIT

Dans la plupart des pays, la part des femmes à la tête de petites fermes et ayant accès au crédit est de 5 à 10 points inférieure à celle des hommes.

## TECHNOLOGIE

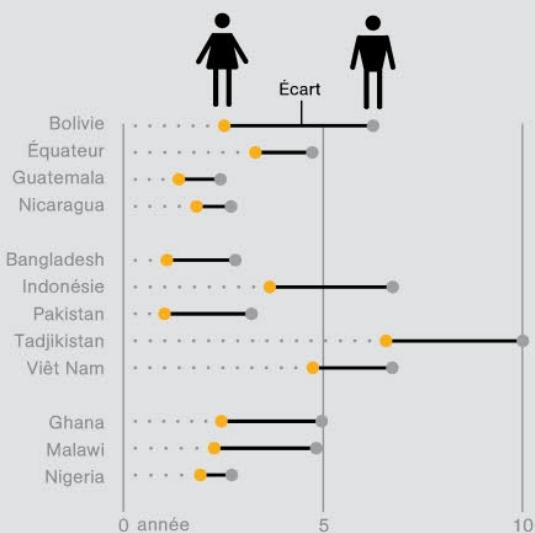
### UTILISATION D'ENGRAIS



À cause d'un moindre accès au crédit, les femmes ont plus de mal à acheter de l'engrais.

## ÉDUCATION

### DURÉE MOYENNE DES ÉTUDES DU CHEF DE FAMILLE



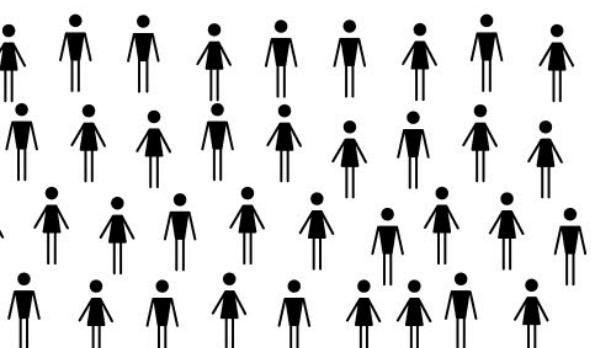
Les femmes sont moins scolarisées, notamment dans les zones rurales. La différence de niveau d'éducation entre filles et garçons est plus grande en Asie et en Afrique subsaharienne.

## ÉLEVAGES

### APPARTENANT À DES FEMMES

Les femmes ont moins de chances de posséder de gros animaux de ferme. Elles doivent se contenter d'espèces d'élevage plus petites et d'entreprises laitières de taille réduite.

## VOLAILLES, ŒUFS ET PRODUITS LAITIERS



Combler le fossé entre les sexes pourrait nourrir

130 millions



SOIT les populations réunies de

ZAMBIE  
HAÏTI  
**BURUNDI**  
ÉRYTHRÉE  
TCHAD  
ÉTHIOPIE

Ces pays ont des taux de sous-alimentation parmi les plus élevés.

## ASTRONOMIE



*Les télescopes en réseau du désert d'Atacama,  
au Chili, traquent les mystères des galaxies.*

# SCRUTER L'UNIVERS

LA LUMIÈRE DU SOLEIL COUCHANT ONDULE SUR LE VASTE RÉSEAU D'ANTENNES  
(SUB)MILLIMÉTRIQUES D'ACATAMA, APPELÉ ALMA, AU CHILI.





#### UNE NOUVELLE VISION DES GALAXIES

Une vue des galaxies des Antennes, à 70 millions d'années-lumière de la Terre, combine lumière visible (en bleu) – collectée par le télescope spatial *Hubble* – et gaz interstellaire tourbillonnant – découvert sur une image fournie par ALMA.

UN MATIN DE MAI, DEUX CAMIONS TRAVERSÈRENT LA VILLE TRANQUILLE DE SAN PEDRO, DANS LE DÉSERT D'ATACAMA, AU CHILI. PUIS, ILS EMPRUNTÈRENT UNE PISTE DE TERRE POUR SE DIRIGER VERS LE FLANC D'UNE MONTAGNE. C'ÉTAIT EN 1994 ET LES CINQ HOMMES À BORD PARTICIPAIENT À UNE QUÊTE ASSEZ SPÉCIALE :

celle de l'endroit le plus élevé, le plus sec et le plus plat de la planète. Ils avaient déjà passé une semaine et demie à repérer des lieux dans le désert d'Atacama, dont un du côté argentin. Ce matin-là, à l'aide d'une carte obtenue auprès de l'armée, l'astronome chilien Hernán Quintana et son équipe cherchaient à gagner le plateau de Chajnantor, à 5 000 m d'altitude.

Avec moins de 1,5 cm de précipitations annuelles moyennes, le désert d'Atacama est réputé pour être l'un des endroits les plus secs du monde. À l'est, la chaîne des Andes bloque les nuages qui s'amassent sur l'Amazonie ; à l'ouest, les vents du Pacifique récoltent peu d'humidité en passant au-dessus du courant froid du Pérou. L'isolement du désert et l'inhospitalité de son air raréfié – idéal pour l'observation du ciel nocturne – avaient déjà attiré plusieurs projets de grands télescopes internationaux. Pour la plupart, ceux-ci étaient conçus pour observer ce qui, dans le cosmos, est visible à des longueurs d'ondes optiques – la portion du spectre électromagnétique que l'œil humain peut détecter. Mais Hernán Quintana et ses compagnons visaient un lieu pour un télescope d'une autre envergure, capable de voir au-delà des rideaux de poussières et de gaz qui voilent les galaxies, s'enroulent autour des étoiles et s'étirent sur les vastes étendues interstellaires. Le projet allait demander vingt années de labeur et un budget d'environ 1 milliard d'euros. Mais, d'abord, il fallait trouver l'endroit parfait.

DANS L'UNIVERS, LES OBJETS émettent de l'énergie à diverses longueurs d'ondes, en fonction de leur température. Des supernovae en cours d'explosion sont, par exemple, extrêmement

chaudes. Outre le fait d'émettre une lumière visible équivalente à celle de milliards de soleils, elles dégagent des ondes courtes, des rayons X à haute énergie et des rayons gamma, détectables par des télescopes particuliers. Vers l'extrême froide du spectre se trouvent les comètes et les astéroïdes, qui émettent des ondes infrarouges plus longues que celles que nos yeux et nos télescopes optiques peuvent détecter.

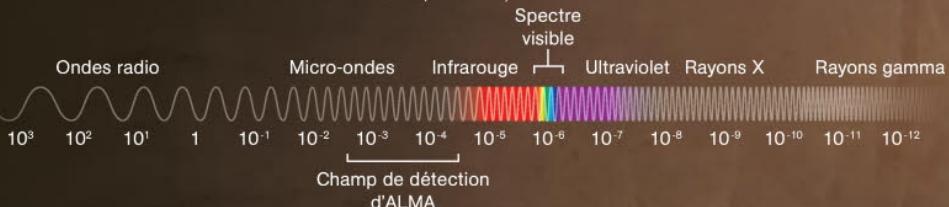
La majeure partie de l'Univers est encore plus froide. Les nuages de poussières et de gaz à partir desquels les étoiles se forment sont à peine plus chauds que le zéro absolu, la température à laquelle les atomes cessent de se mouvoir. La naissance des planètes – déclenchée par l'agrégation de matière à l'intérieur du disque de poussières et de gaz en rotation autour des étoiles nouvellement nées – survient dans des environnements également très froids.

Dans les années 1960, les astronomes qui essayèrent de pénétrer cet « univers froid » comprirent rapidement que l'utilisation d'antennes au sol était un véritable défi pour détecter des ondes dans les domaines millimétrique et submillimétrique, qui correspondent à des ondes encore plus longues que les infrarouges. Le premier problème des scientifiques était de savoir comment faire face à l'énorme quantité de signal parasite. À la différence de la lumière visible, qui voyage dans l'atmosphère de notre planète sans beaucoup d'interactions, les ondes millimétriques et submillimétriques sont absorbées et déformées par la vapeur d'eau, qui émet un rayonnement dans ces mêmes bandes spectrales, ajoutant un bruit d'origine terrestre aux ondes venues de l'espace. De plus, ces ondes transportent bien moins (suite page 64)

# UN ŒIL SUR LES CIEUX

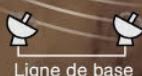
Comme nos yeux, les télescopes optiques sont réglés pour voir la lumière visible. ALMA a été conçu pour détecter des ondes électromagnétiques plus longues, à la limite des micro-ondes et des ondes infrarouges. En opérant dans ces domaines millimétriques et submillimétriques, le radio-télescope peut observer des nuages de gaz dans l'espace profond ainsi que d'autres zones sombres et froides, invisibles pour les instruments optiques. Les galaxies les plus distantes de la Terre sont aussi à la portée d'ALMA.

LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE (*en mètres*)

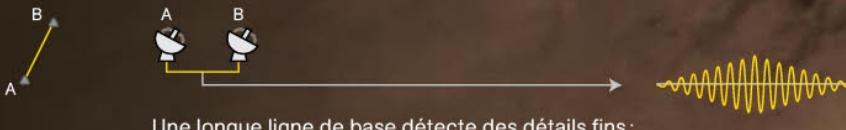


## UN COUPLE PUISSANT

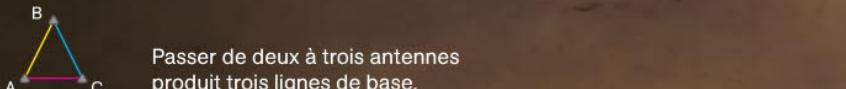
Un télescope avec une seule antenne peut détecter des signaux faibles, mais produit des images floues. L'interférométrie, en associant les signaux de deux antennes paraboliques éloignées, améliore la résolution. Plus la distance entre elles, ou ligne de base, est longue, plus précis sont les détails fins.



## L'UNION FAIT LA FORCE



Une longue ligne de base détecte des détails fins ; des lignes de base en plus réduisent les interférences.



Passer de deux à trois antennes produit trois lignes de base.



Ajouter une autre antenne double les lignes de base, qui montent à six. En rajouter aiguise davantage le signal et réduit le bruit.

Les 66 antennes d'ALMA peuvent créer 1 291 lignes de base distinctes, conférant au télescope une très grande sensibilité et la capacité de saisir des détails très fins.



AMÉRIQUE  
DU SUD

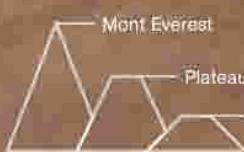
ALMA

CHILI

### UN ZOOM DE 15 KM

Altitude : 5 000 m

Déplacer les antennes sur l'immense plateau équivaut à ajuster le zoom d'un objectif photo. À la focale maximale, montrée ici, le télescope observe d'étroites sections du ciel. Rapprocher les antennes revient à utiliser un objectif grand angle pour saisir des pans de ciel plus vastes.



Mont Everest

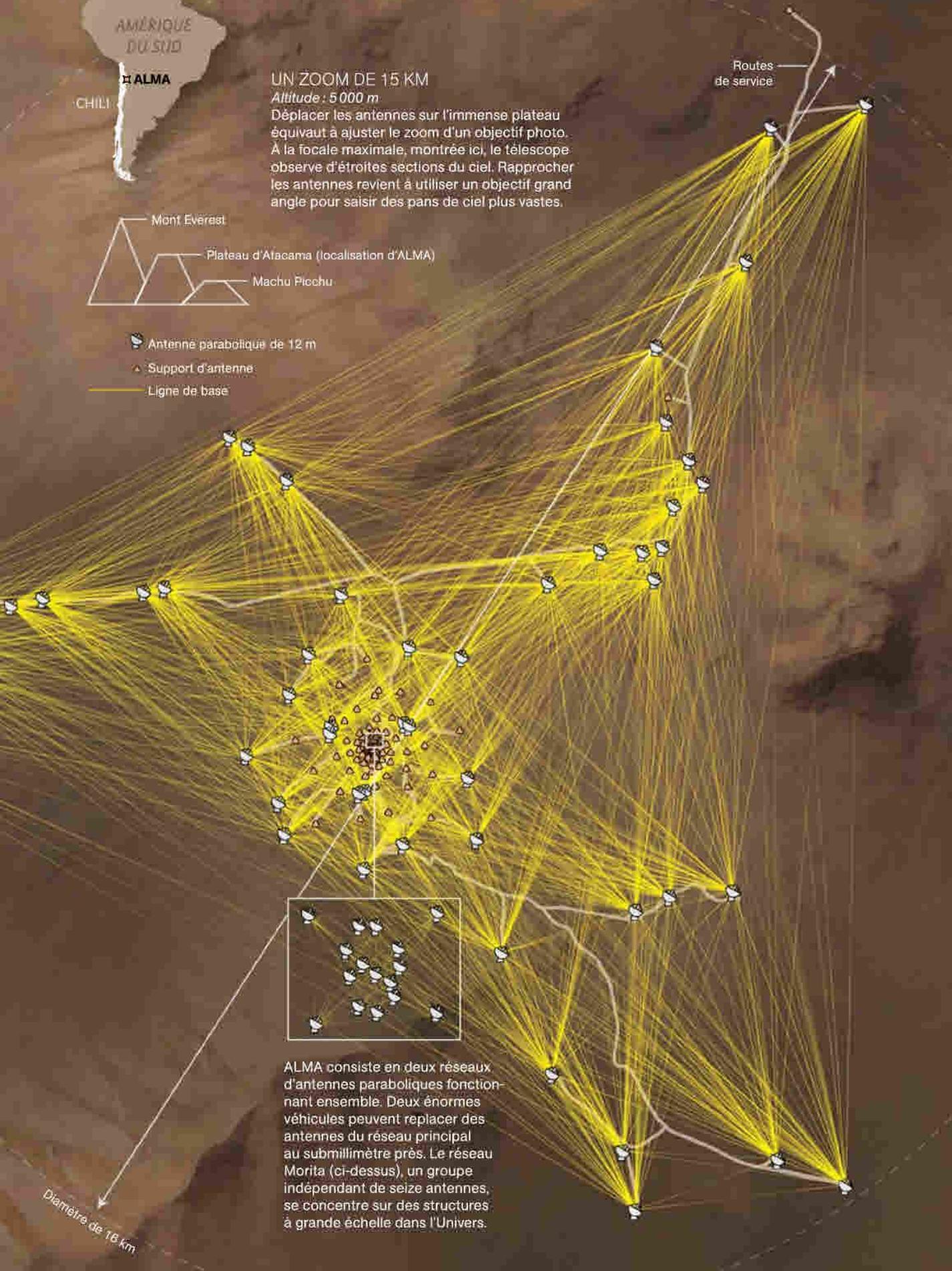
Plateau d'Atacama (localisation d'ALMA)

Machu Picchu

Antenne parabolique de 12 m

Support d'antenne

Ligne de base



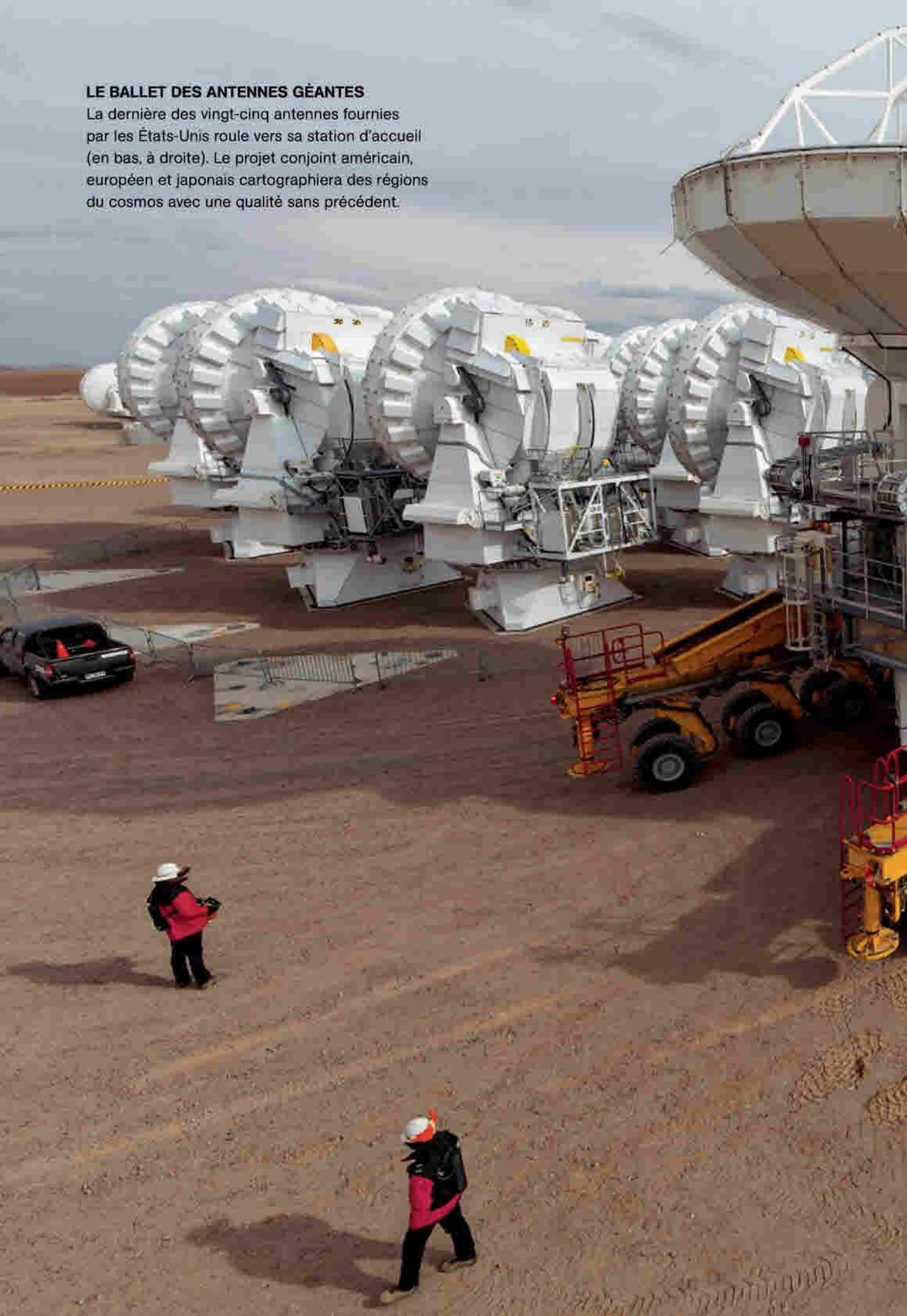
ALMA consiste en deux réseaux d'antennes paraboliques fonctionnant ensemble. Deux énormes véhicules peuvent replacer des antennes du réseau principal au submillimètre près. Le réseau Morita (ci-dessus), un groupe indépendant de seize antennes, se concentre sur des structures à grande échelle dans l'Univers.

Diamètre de 16 km

Routes  
de service

## LE BALLET DES ANTENNES GÉANTES

La dernière des vingt-cinq antennes fournies par les États-Unis roule vers sa station d'accueil (en bas, à droite). Le projet conjoint américain, européen et japonais cartographiera des régions du cosmos avec une qualité sans précédent.





(suite de la page 59) d'énergie que ne le fait la lumière visible et produisent donc un signal faible, même pour un radiotélescope pourvu d'une énorme surface collectrice.

La solution que trouvèrent les scientifiques fut d'installer, sur un site où l'air est très sec, plusieurs antennes travaillant en réseau pour combiner leurs signaux afin qu'elles fonctionnent comme un seul télescope. Dans les années 1980, plusieurs petits réseaux étaient opérationnels dans les Alpes françaises, aux États-Unis et au Japon. Rapidement, les progrès technologiques permirent d'envisager un réseau de radiotélescopes beaucoup plus grand, une énorme surface collectrice donnant accès à une résolution bien supérieure. Sous réserve de trouver un site assez haut et assez plat pour augmenter la distance entre les antennes paraboliques sur des kilomètres... À la recherche de l'emplacement idéal, des chercheurs européens, japonais et américains convergèrent vers le désert d'Atacama.

**SEULES LES TERRES EN ALTITUDE au-dessus de San Pedro de Atacama pouvaient satisfaire à tous les critères.** Hernán Quintana en avait eu l'intuition après s'être plongé, des semaines durant, dans les cartes militaires pour préparer l'expédition du printemps 1994. Mais parvenir en ces lieux n'était pas une mince affaire.

« Le voyage fut long et pénible, parce que les roues s'enlisaient en permanence dans le sable », se souvient Riccardo Giovanelli de l'université Cornell, qui accompagnait Quintana, Angel Otárola de l'Observatoire européen austral (ESO), Paul Vanden Bout et Robert Brown de l'Observatoire national de radio-astronomie des États-Unis (NRAO). À mi-chemin, le camion d'Otárola et de Vanden Bout tomba en panne. Les autres réussirent à atteindre le col de Jama.

« Le ciel était beau, d'un bleu incroyablement profond », précise Giovanelli. L'un des astronomes avait apporté un hygromètre pour mesurer la vapeur d'eau. À cet endroit, le taux d'humidité

---

*Yudhijit Bhattacharjee est un nouveau collaborateur de National Geographic. Dave Yoder a photographié le dôme de Florence (février 2014).*

dans l'air était le plus bas que le groupe ait jamais enregistré. « Personne n'avait le moindre doute que le bon endroit se trouvait là, tout près », poursuit Giovanelli. Peu après, lors d'un second repérage, Brown trouva le site actuel, un plateau large et étendu au pied du Cerro Chajnantor, un pic voisin.

Il fut vite évident pour les trois parties internationales qu'en unissant leurs forces, elles pourraient construire un réseau bien plus efficace. En 1999, l'Europe et les États-Unis, via l'ESO et la Fondation nationale pour la science (NSF), signèrent un accord de collaboration. Chacun contribuerait au financement de trente-deux antennes paraboliques, d'un diamètre de 12 m. Les Japonais acceptèrent de fournir seize antennes pour un réseau complémentaire.

Commencèrent ensuite presque deux décennies d'efforts pour transformer l'un des endroits les plus isolés du monde en un observatoire moderne et vivant. Les mines, plantées des dizaines d'années plus tôt par l'armée chilienne pour décourager les incursions de la Bolivie, furent localisées et enlevées. De longues négociations avec une compagnie pétrolière aboutirent à modifier le tracé d'un oléoduc. La conception des antennes paraboliques fut revue après des essais au Nouveau-Mexique.

Le coût de l'opération se mit à flamber. Des querelles éclatèrent. L'ESO et le NRAO ne parvenaient pas à s'accorder sur la conception de l'antenne, notamment parce que chacun cherchait à favoriser ses fabricants nationaux ; chaque agence choisit finalement un design et un fournisseur différents pour son quota d'antennes, réduit à vingt-cinq. Dernier problème : le petit bourg de San Pedro, avec ses deux lignes téléphoniques et son unique station-service. Comme le rappelle Al Wootten, responsable scientifique au NRAO : « Nous devions bâtir une véritable ville au milieu de nulle part. »

Le premier radiotélescope, de presque 100 t, arriva des États-Unis au port d'Antofagasta en avril 2007. Escorté par un convoi de police, un camion hissa la gigantesque antenne sur la montagne, sa progression parfois interrompue par la présence de troupeaux de lamas sur la route.

Les autres antennes arrivèrent au fil des cinq années suivantes. Les positionner pour qu'elles fonctionnent collectivement comme un seul télescope requérait une précision stupéfiante. Elles devaient s'orienter ensemble sur commande et pointer le même objectif dans le ciel avec, entre elles, un écart inférieur à une seconde et demie d'arc. Pour que leurs signaux interfèrent de façon cohérente, on dut installer sur place un superordinateur capable d'ajuster, au cheveu près, la distance parcourue par les signaux *via* un câble reliant les antennes au centre de traitement – tout en compensant la dilatation et la contraction du câble provoquées par les variations thermiques.

**LA VUE PANORAMIQUE DU PLATEAU offre aujourd'hui un contraste saisissant entre l'ancien et le moderne.** Le sol brun est parsemé de paraboles blanches qui paraissent minuscules devant l'immensité azur. Actionnées à distance, elles pivotent gracieusement à l'unisson.

Le vaste réseau d'antennes (sub)millimétriques d'Atacama, appelé ALMA, fonctionnait déjà lors de son inauguration officielle, en mars 2013. L'année précédente, avec seulement seize antennes paraboliques opérationnelles, les chercheurs dirigés par Joaquin Vieira, du Caltech, avaient pu détecter vingt-six galaxies distantes montrant des éjections de matière typique d'étoiles en formation. Ils furent surpris de découvrir que les galaxies étaient en moyenne à quelque 11,7 milliards d'années-lumière, ce qui impliquait que la formation d'étoiles y avait débuté alors que l'Univers n'avait que 2 milliards d'années. Auparavant, on croyait qu'une telle activité de naissances d'étoiles avait démarré au moins 1 milliard d'années plus tard.

Depuis l'inauguration d'ALMA, les découvertes n'ont pas cessé. En juillet 2013, des astronomes ont annoncé que les observations du

## ALMA A ÉTÉ CONÇU POUR VOIR AU-DELÀ DES RIDEAUX DE POUSSIÈRES ET DE GAZ QUI VOILENT LES GALAXIES, S'ENROULENT AUTOUR DES ÉTOILES ET S'ÉTIRENT SUR LES VASTES ÉTENDUES INTERSTELLAIRES.

télescope avaient permis de dénouer un mystère : pourquoi les galaxies massives sont-elles si rares dans l'Univers ? Les images en haute résolution de la proche galaxie du Sculpteur ont montré des tourbillons d'un gaz froid et dense s'échappant du centre du disque galactique. Les astronomes en ont conclu que le gaz était chassé par les vents des étoiles nouvellement formées, ce qui représentait une énorme perte du matériau formant les étoiles et pouvait freiner la croissance ultérieure de la galaxie. Si ce phénomène est confirmé pour d'autres galaxies, l'énigme sera résolue.

Fidèle à ses promesses, ALMA permet aussi aux chercheurs de comprendre la formation des planètes. L'an dernier, ils ont présenté des images d'ALMA qui montrent un disque de poussière entourant une étoile jeune – une pouponnière de planètes. Les clichés révélaient ce qui semblait constituer un piège à poussières à l'intérieur du disque : une région isolée où de petites particules solides pouvaient s'agréger les unes aux autres et, progressivement, devenir assez grosses pour faire germer une planète. C'était la première fois qu'on pouvait entrevoir le début d'un processus de formation des planètes.

Ce ne sont que des premières observations. Quand, cette année, tous les radiotélescopes seront opérationnels, ALMA fera apparaître des détails encore plus fins des galaxies et des systèmes stellaires. Sur un plateau aride à quelques kilomètres de là, où dormaient autrefois des bergers, nos yeux vont s'ouvrir sur un univers jusqu'ici invisible. □

## COMMENT TOUT A COMMENCÉ

Il y a quelque 13,8 milliards d'années, notre Univers visible tenait en un point extraordinairement chaud et dense, d'une taille un milliardième de fois plus petite que celle d'un nucléon.

Depuis, il s'est considérablement dilaté, sans jamais cesser de lutter contre l'attraction gravitationnelle.

### Inflation

En beaucoup moins qu'une nanoseconde, un champ énergétique répulsif dilate l'espace jusqu'à ce qu'il atteigne une taille visible et le remplit d'une soupe de particules subatomiques appelées quarks.

**Âge : entre 10 et 32 millisecondes**

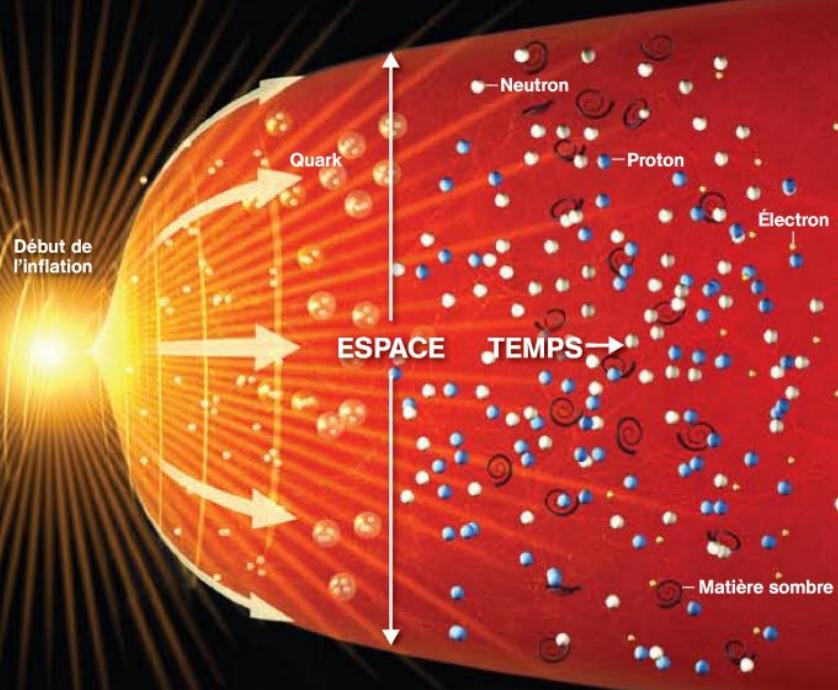
**Taille : d'infinitésimale à celle d'une balle de golf**

### Briques élémentaires

L'Univers est en expansion et se refroidit. Les quarks s'agglutinent pour former des protons et des neutrons, les briques de base des noyaux atomiques. La matière sombre se forme peut-être aussi.

**0,01 milliseconde**

**0,0001 milliardième de la taille actuelle**



## UNE HISTOIRE DE L'UNIVERS

Au XX<sup>e</sup> siècle, on a commencé à penser que l'Univers avait une histoire. Antérieurement, il avait toujours été considéré comme statique et éternel. Les astronomes ont alors observé d'autres galaxies s'éloignant à très grande vitesse de la nôtre, tandis que la théorie de la relativité générale d'Einstein impliquait que l'espace lui-même était en expansion – ce qui signifiait que l'Univers avait été jadis plus dense. Ce qui semblait éternel avait désormais un début et une fin. Mais quel début ? Et quelle fin ? Ces questions restent ouvertes.

## DE QUOI NOTRE UNIVERS EST-IL FAIT ?

Étoiles, poussières et gaz – tout ce que l'on peut observer – constituent moins de 5 % de l'Univers. Leur attraction gravitationnelle ne permet pas d'expliquer comment les galaxies maintiennent leur cohésion. Les scientifiques pensent qu'environ 24 % de l'Univers est fait d'une mystérieuse matière sombre – peut-être des particules «exotiques» formées juste après l'inflation. Le reste, c'est l'énergie sombre : une propriété de l'espace ou un champ énergétique inconnu qui s'oppose à la gravité, justifiant ainsi les observations de l'accélération de l'expansion de l'espace.

### L'Univers



### Premiers noyaux

Alors que l'Univers continue de se refroidir, les noyaux les plus légers (d'hydrogène et d'hélium) apparaissent. Un épais brouillard de particules opacifie l'Univers.

Entre 0,01 et 200 secondes

1 milliardième de la taille actuelle

### Premiers atomes, première lumière

Dès que les électrons commencent à orbiter autour du noyau, les atomes se forment et le rayonnement de notre jeune Univers se dévoile. Cette lumière est la plus reculée que nos instruments puissent observer.

380 000 ans

0,9 millième de la taille actuelle

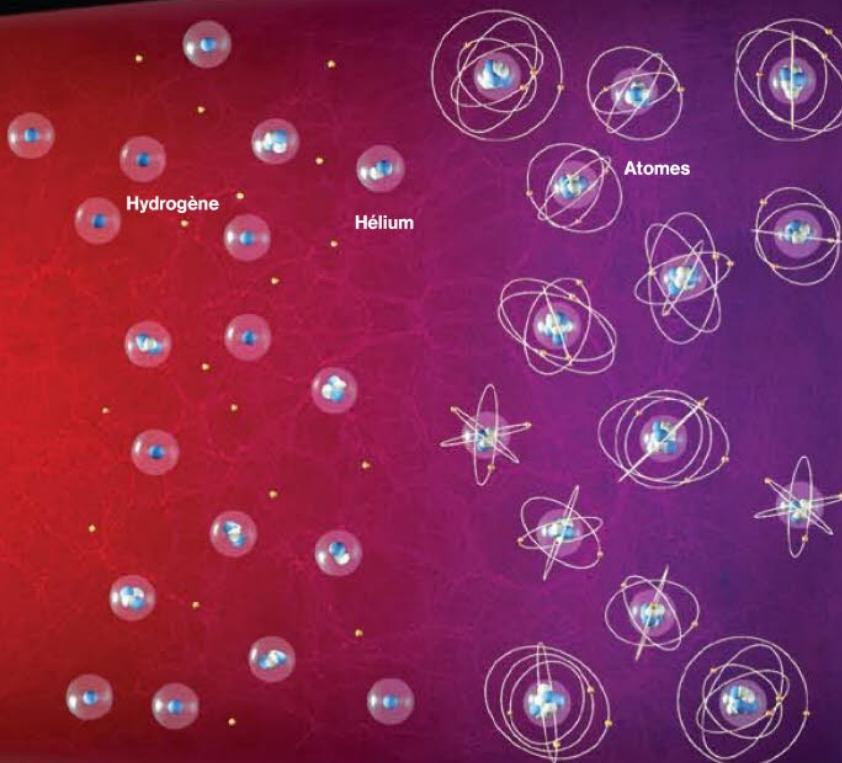
### L'«âge sombre»

Pendant 300 millions d'années, la lumière ne provient que de ce fond diffus cosmologique. Les agrégats de matière qui deviendront les galaxies seront plus brillants.

De 380 000 ans à 300 000 millions

d'années

Entre 0,9 millième et 1 dixième de la taille actuelle



SUITE ▶  
PAGE SUIVANTE

### L'Univers observable

L'Univers est né il y a 13,8 milliards d'années. Parce que son expansion n'a jamais cessé depuis lors, ses confins observables les plus reculés sont actuellement distants de 47 milliards d'années-lumière.

47 milliards  
d'années-lumière

### L'au-delà inconnu

Ce que nous ne pouvons pas voir. Les formes possibles de l'Univers sont:



Une sphère



Une selle de cheval



Un plan

## QUELLE EST LA FORME DE NOTRE UNIVERS ?

Einstein a découvert que l'attraction gravitationnelle d'une étoile courbe l'espace environnant. Mais l'ensemble de l'Univers est-il courbe ? L'espace pourrait-il se refermer sur lui-même comme une sphère ou se courber en sens inverse, en s'ouvrant comme une selle de cheval ? En étudiant le fond diffus cosmologique, les scientifiques ont découvert que l'Univers se situe entre ces deux cas : juste assez dense, avec juste la densité et la gravitation requises pour être presque parfaitement plat, au moins pour ce que nous pouvons en observer. Il nous est impossible de savoir ce qui se trouve au-delà.

### La gravité l'emporte : premières étoiles

Des nuages de gaz denses s'effondrent sous leur propre gravité – et celle de la matière sombre – pour former finalement étoiles et galaxies. La fusion nucléaire fait briller les étoiles.

**300 millions d'années**

**1 dixième de la taille actuelle**

Étoiles

### L'antigravité l'emporte

Après avoir été ralentie pendant des milliards d'années par la gravité, l'expansion cosmique accélère de nouveau. La coupable : l'énergie sombre. Sa nature : non élucidée.

**10 milliards d'années**

**7,7 dixièmes de la taille actuelle**

Galaxies

### Aujourd'hui

L'Univers continue de se dilater, devenant de moins en moins dense. Il en résulte que peu d'étoiles et de galaxies se forment.

**13,8 milliards d'années**

**Taille actuelle**

Accélération induite  
par l'énergie sombre



Notre Système solaire

## VIVONS-NOUS DANS UN MULTIVERS ?

Que s'est-il passé avant le big bang ? Peut-être d'autres big bangs. Le principe d'incertitude postule que même le vide spatial présente des fluctuations quantiques d'énergie. Selon la théorie de l'inflation, notre Univers a jailli d'une telle fluctuation – un événement aléatoire qui aurait pu survenir de nombreuses fois auparavant. Notre cosmos n'est peut-être qu'un univers dans une mer d'autres univers semblables, ou totalement dissemblables, au nôtre. Ces autres cosmos resteront probablement à tout jamais inaccessibles à l'observation, leurs possibilités n'étant limitées que par notre imagination.

## COMMENT L'UNIVERS PRENDRA-T-IL FIN ?

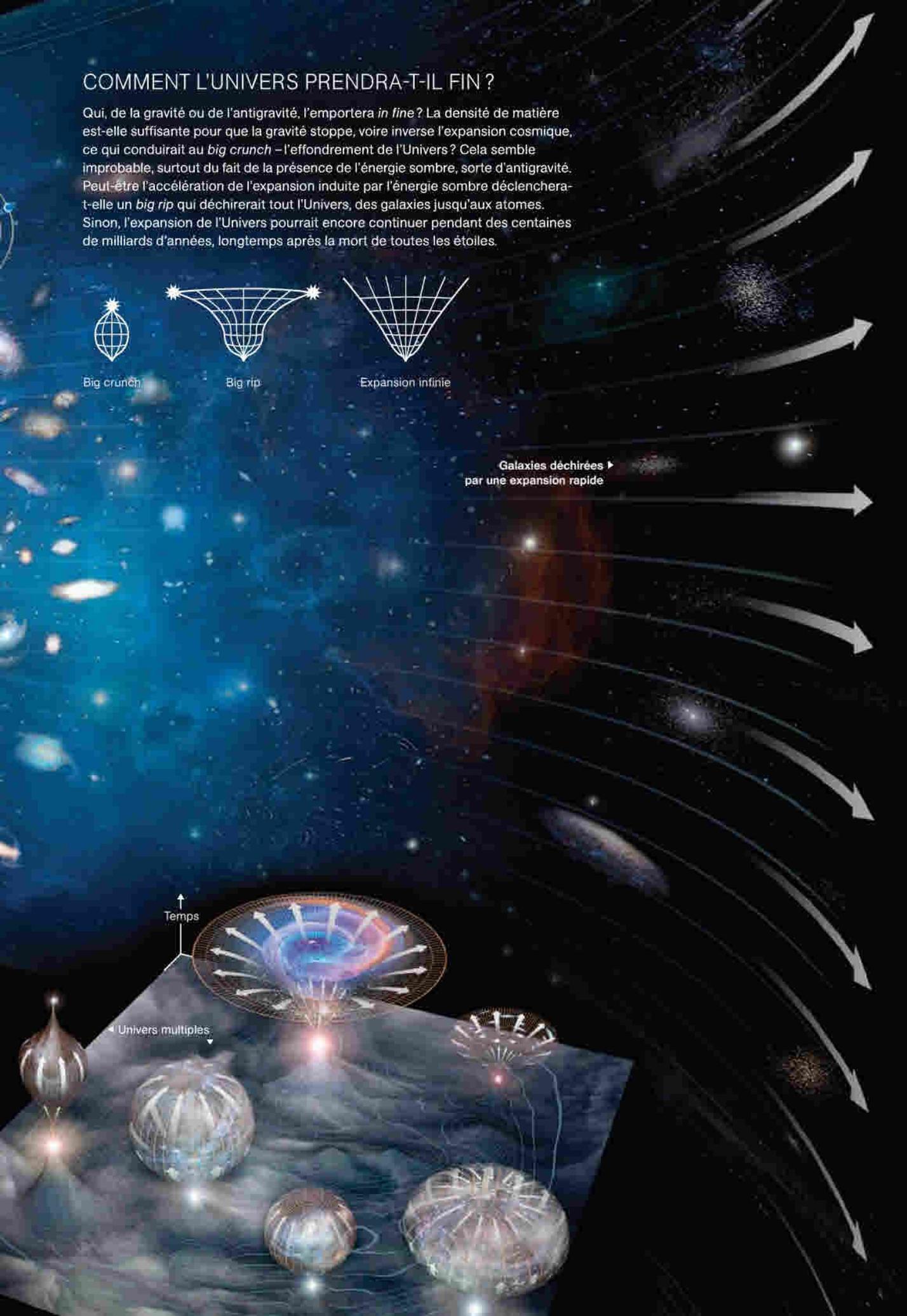
Qui, de la gravité ou de l'antigravité, l'emportera *in fine*? La densité de matière est-elle suffisante pour que la gravité stoppe, voire inverse l'expansion cosmique, ce qui conduirait au *big crunch* – l'effondrement de l'Univers? Cela semble improbable, surtout du fait de la présence de l'énergie sombre, sorte d'antigravité. Peut-être l'accélération de l'expansion induite par l'énergie sombre déclenchera-t-elle un *big rip* qui déchirerait tout l'Univers, des galaxies jusqu'aux atomes. Sinon, l'expansion de l'Univers pourrait encore continuer pendant des centaines de milliards d'années, longtemps après la mort de toutes les étoiles.



Galaxies déchirées par une expansion rapide

Temps

Univers multiples



## REPORTAGE



À marée basse, des ouvriers tirent un câble de 5 000 kg pour treuiller un navire échoué.



Au Bangladesh, des hommes démantèlent  
les bateaux dont l'Occident veut  
se débarrasser. Au péril de leur vie.

# AVEC LES DÉMOLISSEURS DE NAVIRES



## LE CIMETIÈRE DES GÉANTS DES MERS

Cette image satellite montre une portion de 1,6 km sur la côte bangladaise, au nord de Chittagong. Douze kilomètres de mangrove ont été dégagés pour permettre l'installation de chantiers de démantèlement qui, pour la plupart, n'accueillent qu'un seul gros navire sur une bande de plage étroite. La côte abrite aujourd'hui quatre-vingts chantiers actifs, de nouveaux s'ajoutant chaque année.

- Principaux chantiers de démolition des navires



RYAN MORRIS, ÉQUIPE DU NGM  
SOURCE : IHS MARITIME



**LES CINQ PREMIERS PAYS SPÉCIALISÉS  
DANS LE RECYCLAGE DES NAVIRES (2003-2013)**  
*Total des capacités de transport  
des navires (en millions de tonnes)*

Bangladesh	84,8
Inde	78,7
Chine	66,7
Pakistan	38
Turquie	7,7

Au cours de la dernière décennie, l'Inde a recyclé plus de navires, mais le Bangladesh arrive en tête pour le tonnage de port en lourd, ce qui signifie que les plus gros bâtiments ont en général fini sur ses plages. La Chine et la Turquie ont pris davantage de mesures en matière de sécurité et d'environnement que les autres pays.



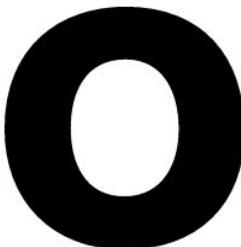
#### UN BOULOT D'ADOS

Ces enfants prétendent avoir 14 ans, l'âge minimum légal pour travailler sur les chantiers de casse. Les exploitants préfèrent les jeunes ouvriers car ils sont moins chers et assez souples pour se faufiler dans les recoins des bateaux.



**PAR PETER GWIN**

**PHOTOGRAPHIES DE MIKE HETTWER**



n m'avait prévenu qu'au Bangladesh il serait difficile de pénétrer sur les chantiers de démolition des navires. « Avant, c'était une attraction touristique, m'avait appris un autochtone. Maintenant, on ne laisse plus entrer les étrangers. » Je marche pendant quelques kilomètres sur la route bordant le golfe du Bengale, au nord de Chittagong.

Dans cette ville, quatre-vingts chantiers actifs se succèdent sur 12 km de côte. Chacun est protégé par de hautes clôtures surmontées de barbelés. Des gardes font le guet et des écrits interdisent de prendre des photographies. Les étrangers sont devenus particulièrement importuns depuis qu'une explosion a tué plusieurs ouvriers il y a quelques années, suscitant des critiques à l'égard des propriétaires, accusés de faire passer le profit avant la sécurité. « Cela dit, ils ne peuvent pas bloquer l'accès à la mer », m'avait fait remarquer l'habitant du coin.

Aussi, à la fin d'un après-midi, j'engage un pêcheur afin qu'il me fasse faire un tour des chantiers par voie maritime. À marée haute, l'eau engloutit les rangées de pétroliers et de porte-conteneurs échoués. Certains bâtiments sont demeurés intacts, comme s'ils venaient d'arriver ici. D'autres ont été réduits à l'état de carcasses, l'absence de revêtement révélant l'immensité de leurs cales noires.

La durée de vie de tels bateaux étant de vingt-cinq à trente ans, ceux-ci ont sans doute été construits dans les années 1980. Mais la hausse des coûts d'assurance et de maintenance des navires vieillissants ont rendu leur exploitation déficitaire. Aujourd'hui, leur valeur réside surtout dans leur charpente d'acier.

Presque toutes les équipes de démolition ont fini leur journée. Mais, au détour d'une coque, nous entendons des rires et tombons sur un

groupe de garçons nus. Ils nagent jusqu'à une épave à moitié submergée qui leur sert de plongeoir. Juste au-delà de la ligne des bateaux, des pêcheurs jetent leurs filets vers des bancs de minuscules médakas, un mets local très prisé.

Soudain, une pluie d'étincelles tombe de la poupe, plusieurs mètres au-dessus de nous. Une tête apparaît sur le côté, puis des bras s'agitent avec frénésie. « Eloignez-vous ! On est en train de découper cette section », nous crie l'homme.

Les navires qui sillonnent les océans ne sont pas censés être démontés. Conçus pour résister à des forces extrêmes dans les environnements les plus difficiles de la planète, ils sont souvent bâties avec des matériaux toxiques, comme l'amiante et le plomb. Le démantèlement des bateaux étant plus coûteux et plus réglementé dans les pays développés, il se concentre pour l'essentiel au Bangladesh, en Inde et au Pakistan.

Les réformes de la filière sont intervenues par à-coups. L'Inde exige désormais davantage de protection pour les ouvriers et l'environnement. Mais, au Bangladesh, où 194 navires ont été démantelés en 2013, cette industrie reste extrêmement dangereuse, polluante et... lucrative.

Des écologistes de Chittagong m'affirment qu'en trois à quatre mois un navire moyen démantelé au Bangladesh rapporte environ 720 000 euros de bénéfice pour un investissement de 3,6 millions, contre un bénéfice de moins de 145 000 euros au Pakistan. J'appelle Jafar Alam, ancien responsable de la Bangladesh Ship Breakers Association (Association des démolisseurs de navires du Bangladesh). Il nie que les marges bénéficiaires (suite page 83)

---

Peter Gwin a écrit « *Le mystère du risque* » (juin 2013). Le photographe Mike Hettwer collabore également au *New York Times* et à *Nature*.



**DES CHANTIERS HAUTEMENT TOXIQUES** L'acier de la coque des navires est récupéré en plaques. Chacune peut peser 500 kg ou plus. Des équipes d'ouvriers (ci-dessus) transportent les plaques à des camions, qui les acheminent ensuite vers les lamineries. Les ouvriers passent leurs journées dans une boue contaminée par des métaux lourds et des particules de peinture toxiques (en haut).



#### LA VALSE DES « DÉCOUPEURS »

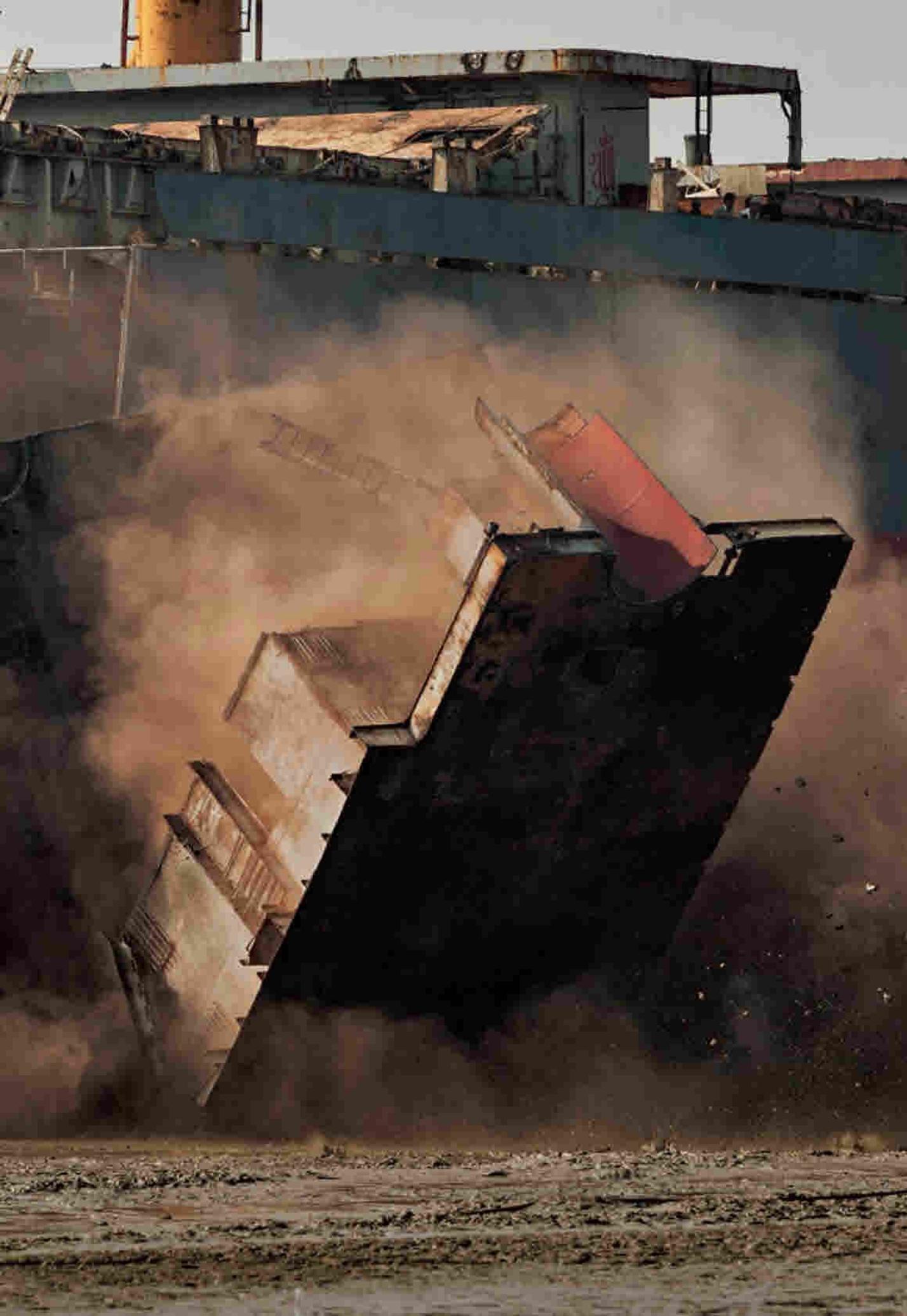
Armés de chalumeaux et épaulés par des assistants, les « découpeurs » enlèvent les installations d'un navire, puis découpent les ponts successifs. La démolition dure de trois à six mois, selon la taille du navire.



## QUAND LE CARGO S'ÉCROULE

Une grande section du *Leona I* se fracasse brusquement, projetant des éclats de métal en direction des chefs de chantier. Des ouvriers viennent de passer plusieurs jours à découper les ponts de ce cargo, construit à Split, en Croatie, et utilisé pendant trente ans.







**DANGER OMNIPRÉSENT** Inconscients des risques de cancer du poumon, des travailleurs luttent contre le froid en brûlant un joint d'étanchéité contenant probablement de l'amiante (en haut). À Dhunot, un village sur les contreforts de l'Himalaya (ci-dessus), quelque 300 personnes assistent à l'enterrement de Rana Babou, 22 ans, tué lorsqu'un chalumeau a mis le feu à une poche de gaz, provoquant une explosion.

(suite de la page 76) soient aussi élevées. Quels que soient les profits réels, ils sont réalisés en recyclant plus de 90 % de chaque bâtiment. Ce processus commence après que le démolisseur a acquis un bateau auprès d'un courtier international. Un capitaine spécialisé dans l'échouage de grandes embarcations est alors engagé pour livrer le navire sur le chantier.

Une fois le bateau embourbé dans la vase, les liquides qu'il contient sont siphonnés. Les restes de carburant, d'huile de moteur et de produits chimiques ignifuges sont revendus. Puis les machines et les installations sont démontées. Tout est retiré et vendu à des entreprises de récupération de matériaux – depuis les énormes moteurs jusqu'aux couchettes de l'équipage.

Lorsque le bateau n'est plus qu'une carcasse d'acier, des essaims de travailleurs venus des régions les plus pauvres du Bangladesh la découpent au chalumeau. Les morceaux sont évacués de la plage par des équipes de chargeurs, puis fondus et transformés en barres d'armature destinées à la construction.

« Cela semble être une bonne opération jusqu'à ce que vous considériez le poison qui s'écoule dans notre sol, explique Mohammed Ali Shahin, de l'ONG Shipbreaking Platform. Jusqu'à ce que vous rencontriez les veuves de jeunes hommes ayant été écrasés par la chute de pièces en métal ou asphyxiés à l'intérieur des navires. » Âgé de 37 ans, Shahin s'efforce, depuis plus de onze ans, de sensibiliser l'opinion au sort des ouvriers qui peinent sur ces chantiers de casse. Le secteur, affirme-t-il, est contrôlé par quelques familles puissantes de Chittagong.

Shahin a conscience que son pays a cruellement besoin des emplois créés par cette activité. « Je ne dis pas que le démantèlement doit cesser entièrement. Mais il doit se faire de façon plus propre et plus sûre, avec de meilleures conditions de travail pour les ouvriers. »

Ses critiques ne s'adressent pas aux seuls démolisseurs bangladais. « En Occident, vous ne laissez pas les gens démanteler des navires sur vos plages. Pourquoi faudrait-il que des travailleurs pauvres risquent leur vie pour que vous puissiez vous débarrasser de vos bateaux ici ? »

Dans les bidonvilles tentaculaires entourant les chantiers, je rencontre des dizaines de travailleurs : ceux qui découpent l'acier et l'évacuent des plages, et dont l'état de santé préoccupe le plus Shahin. Nombre d'entre eux présentent de profondes cicatrices en dents de scie. Certains ont des doigts coupés ; d'autres sont borgnes.

Je fais la connaissance d'une famille dont les quatre fils ont œuvré sur des chantiers de casse. Le plus âgé, Mahaboub, 40 ans, a assisté un découpeur pendant deux semaines avant de voir un homme brûler vif lorsque son chalumeau a enflammé une poche de gaz. « Je n'ai même pas été chercher mon salaire, de peur qu'ils ne me laissent pas partir », relate-t-il, précisant qu'il arrive fréquemment que les patrons forcent les ouvriers à garder le silence sur les accidents.

Il montre une photo dans une petite armoire vitrée : « C'est Jahangir, mon cadet. » Ce dernier a commencé à travailler à l'âge de 15 ans, après la mort de leur père. « Jahangir était découpeur et a été mortellement blessé en 2008. » Lui et ses collègues avaient passé trois jours à essayer de découper une grande section de navire. Au cours d'un orage, ils se sont abrités dessous et elle a brusquement cédé.

Le troisième frère, Alamgir, 22 ans, n'est pas à la maison. Il assistait un découpeur à bord d'un pétrolier lorsqu'il est tombé par une trappe, faisant un plongeon d'environ 25 m dans la cale. Par miracle, suffisamment d'eau s'était infiltrée au fond pour amortir sa chute. Un de ses camarades a risqué sa propre vie pour descendre une corde et le sortir de là. Alamgir a démissionné le lendemain. Aujourd'hui, il sert le thé aux administrateurs dans les bureaux du chantier.

Le plus jeune frère, Amir, 18 ans, travaille toujours comme aide-découpeur. Je lui demande si les expériences de ses frères lui font peur. « Oui », répond-il timidement. Tandis que nous parlons, un coup de tonnerre secoue le toit en tôle, suivi par un autre grondement. Je regarde dehors, m'attendant à voir éclater une de ces violentes pluies de mousson dont le Bangladesh a le secret, mais le soleil brille. « C'est une grosse pièce qui se détache d'un navire, explique le garçon. On entend ça tous les jours. » □

**EXPLORATION**

# Plongée dans les eaux du Saint-Laurent

*Au Canada, le golfe du Saint-Laurent  
abrite une nature riche et généreuse.  
En attendant les premiers forages pétroliers...*

Un bébé phoque du Groenland regarde sous l'eau près des îles de la Madeleine, au Québec.







### PRÊTS À CHASSER

Des tanches-tautogues se dirigent vers un champ d'algues pour chasser crevettes et méduses dans Bonne Baie, au large de Terre-Neuve.





#### **COUPLE EN CRISE**

Chez les loups atlantiques – nommés ainsi en raison de leurs dents pointues –, la femelle s'en va après avoir pondu les œufs dont le mâle prendra soin.

*Par Rob Dunn  
Photographies de David Doubilet  
et Jennifer Hayes*

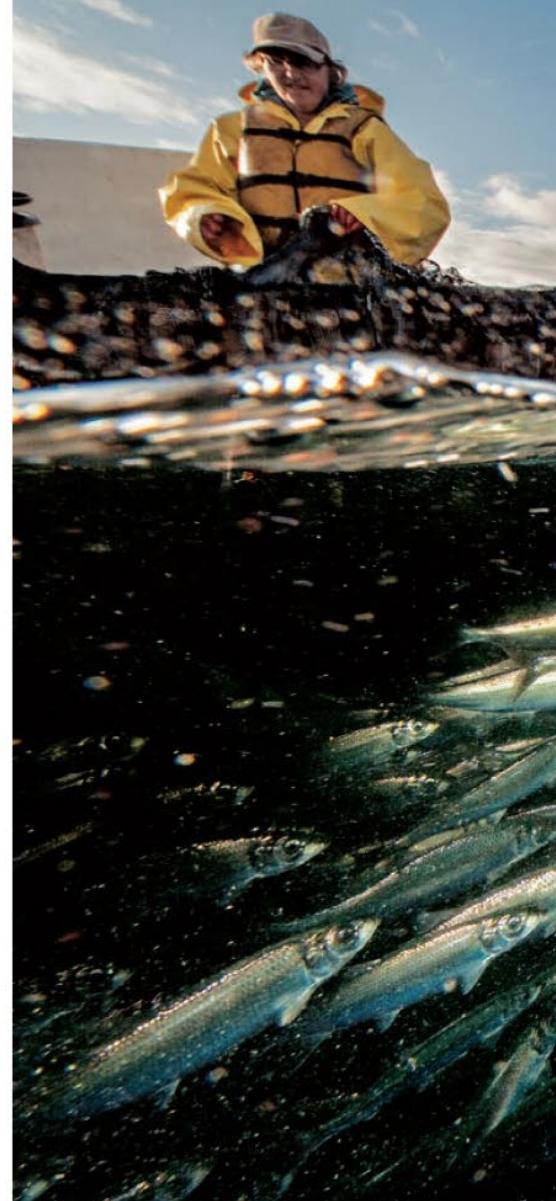
**L**E GOLFE DU SAINT-LAURENT est la somme de tout ce qui s'écoule en lui. Il englobe des rivières dont les petits affluents naissent à des centaines de kilomètres, dans des villes comme Montréal et dans des forêts anciennes de l'État de New York. Il récolte sédiments, écoulements et résidus végétaux. Il bouge et bouillonne sans cesse. Tout ce qui brille, mord et dérive témoigne dans ce lieu d'une vie aussi diversifiée que partout ailleurs sur la Terre.

À l'échelle géologique, le golfe est un nouveau venu. Il y a 19 000 ans, il était tout entier enseveli sous une couche de glace de presque 2 km d'épaisseur. À mesure que la terre émergeait et que la glace fondait, le golfe se remplit d'eau et de vie. Des poissons d'eau douce migrèrent en aval du fleuve Saint-Laurent; des poissons de mer, des oursins, des étoiles de mer, du plancton et des baleines arrivèrent de l'Atlantique.

L'île du Cap-Breton sépare le sud du golfe de la mer. À l'est de l'île, les eaux sont froides et parfois terrifiantes. À l'ouest, les eaux sont plus chaudes et plus calmes. Les premiers à s'établir au Cap-Breton furent les ancêtres des Micmacs, l'un des peuples autochtones des provinces maritimes du Canada. Ils atteignirent le golfe il y a au moins 9 000 ans et se dispersèrent dans ce qui constitue aujourd'hui la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, utilisant les ressources au gré de leurs préférences et de leurs besoins: phoques, œufs d'oiseaux de mer, saumons, esturgeons, aloes savoureuses et même baleines.

---

*Rob Dunn est écrivain et biologiste à l'université d'État de Caroline du Nord. David Doubilet et Jennifer Hayes vivent à côté du Saint-Laurent, dans l'État de New York.*



Au début des années 1500, des pêcheurs français, basques et portugais arrivèrent, qui firent commerce avec les autochtones. Leurs successeurs s'installèrent à proximité de ces derniers car ils dépendaient également de la vie du golfe et de ses cycles. Quand la morue apparaissait, les bateaux surgissaient. Quand les morses arrivaient, les chasseurs suivaient.

Pour les Européens habitués aux eaux surexploitées de leur patrie d'origine – où beaucoup d'espèces, en particulier les grands mammifères, étaient déjà devenues rares –, la vie dans le golfe semblait généreuse. Et elle l'était. Mais la découverte de cette profusion déclencha une vague d'exploitation des ressources, la première



**SUR UN BANC DE HARENGS** Le pêcheur John Taylor (deuxième à partir de la droite) et son équipage remontent un filet frémissant de harengs dans le détroit de Belle-Isle.

du Nouveau Monde à l'échelle industrielle. On pêcha des milliers de poissons, puis des dizaines de milliers et bientôt des millions. Au XVII<sup>e</sup> siècle, des tonnes de morues, de baleines et d'autres créatures avaient été pêchées dans le golfe et expédiées en Europe, pour une valeur supérieure à celle de l'or et de l'argent convoyés depuis le golfe du Mexique. Soumis à une telle pression, les populations commencèrent à décliner. Car ce qui semblait infini ne l'était pas...

Le fait qu'une espèce donnée du golfe soit plus ou moins affectée par la pêche des Européens dépendait de son cycle de reproduction et de la taille des captures. Les baleines, les morses et les esturgeons, tous grandissent lentement, se

reproduisent peu et meurent vieux. Ils furent les premiers touchés. Récemment, certaines populations de baleines ont commencé à se reconstituer, mais lentement. À l'exception de quelques individus égarés venus de l'Arctique, les morses ont disparu du golfe. Et les esturgeons survivent, comme ils le font depuis des millions d'années.

De nombreux poissons grandissent plus rapidement, se reproduisent plus souvent et récupèrent plus facilement que les grands mammifères. Ce qui ne les empêche pas d'être vulnérables. Ils se multiplient, mais pas assez vite pour satisfaire l'appétit de tous ceux qui les mangent. Les morues sont aujourd'hui rares et, par endroits, au bord de l'extinction.

(suite page 94)





#### **UN LAC DU PRÉCAMBRIEN**

Des rochers vieux de milliards d'années forment les parois qui tapissent le fond du lac Western Brook, dans le parc national du Gros-Morne.

# Le changement climatique menace de

(suite de la page 91) Si le nombre de morues et d'autres poissons prédateurs s'est effondré, celui des homards remonte. D'autres espèces, dont beaucoup de poissons de fond, sont aussi pêchées, mais l'activité économique de la majorité des locaux dépend désormais de la bonne santé des homards. Ces crustacés ne sont pas infinis non plus mais, en attendant, ils prospèrent.

Le golfe a évolué et il continuera de le faire. Même si la pêche venait à s'arrêter demain, des espèces apparaîtraient et disparaîtraient à cause du changement climatique, qui menace de rendre le golfe plus chaud et moins salé. Jusqu'ici, nous avons choisi de rendre le golfe, avec toutes ses formes de vie, un peu moins utile à chaque génération et un peu moins beau.

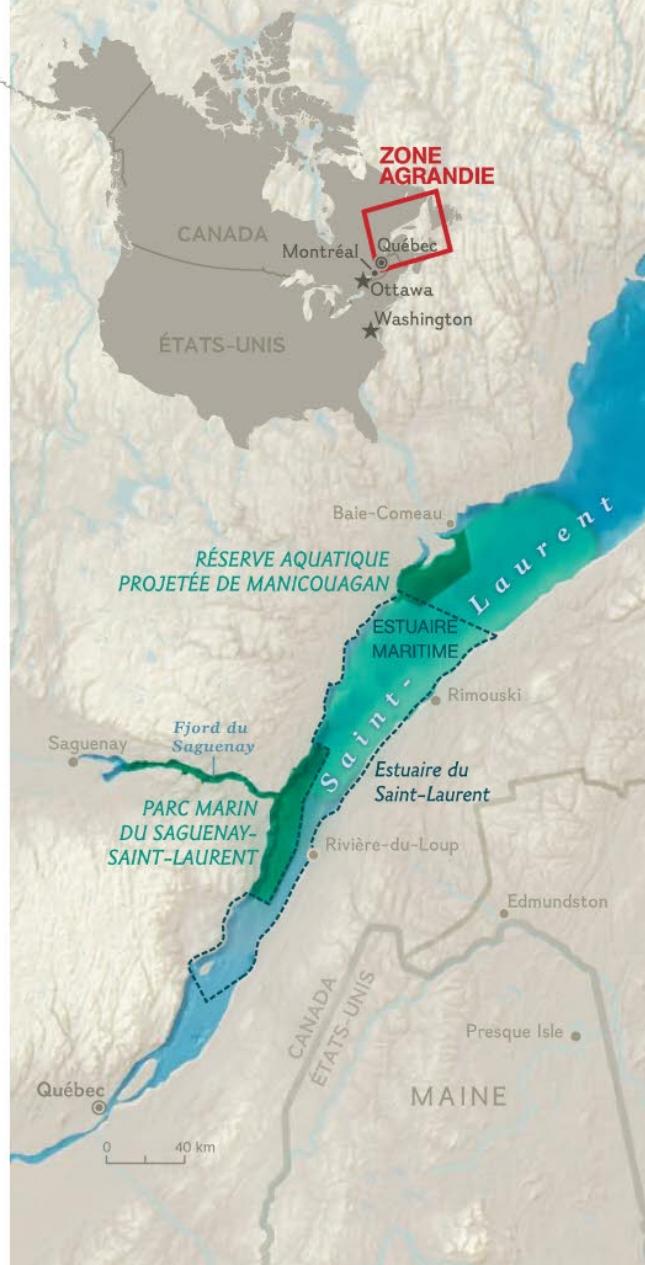
Pendant des milliers d'années, le golfe a été un lieu de rassemblement en raison de la générosité de ses eaux. Les temps ont changé. Ceux qui s'installent ici ne sont plus seulement des hommes et des femmes à bord de bateaux, mais des dirigeants de compagnies pétrolières.

Des plans sont à l'étude pour forer les premiers puits pétroliers, dans une zone connue sous le nom d'Old Harry. Pour les défenseurs de l'environnement, le pétrole est une tragédie d'une autre nature que les précédentes tragédies qu'a connues le golfe. Peut-être. Mais on peut aussi simplement voir là un nouveau choix à effectuer en matière d'exploitation des ressources. Nous avons pêché la morue, destinant sa chair à la consommation et son huile à l'industrie. Nous avons chassé la baleine pour les mêmes raisons. Si nous exploitons le pétrole d'Old Harry, il s'épuisera plus rapidement que la baleine ou la morue, mais il aura le même effet, alimentant nos activités quotidiennes, nos trajets et nos entreprises. Bien sûr, en cas de marée noire, il nourrira aussi des bactéries mangeuses de pétrole et d'autres espèces qui se développeront à nos dépens.

La bonne nouvelle, c'est que nous pouvons choisir – entre des algues ou des baleines, entre des bactéries « pétrolivores » ou des phoques. Nous pouvons faire ce choix parce que le golfe grouille encore de vie sauvage, riche de milliards d'organismes, de grands rêves et d'espoirs. □

## Eaux fertiles

Dans le golfe du Saint-Laurent et son estuaire se mélangent des courants riches en nutriments de l'Atlantique et de l'eau douce de l'intérieur des terres. La gestion du golfe est compliquée car elle relève du gouvernement fédéral canadien et de cinq provinces. La surpêche, le réchauffement des eaux et d'éventuels forages pétroliers sont préoccupants pour l'écosystème.



# rendre le golfe plus chaud et moins salé.

## UN MILIEU FRAGILE

Dix zones écologiques sensibles ont été créées dans le golfe, qui abrite une trentaine de poissons, d'oiseaux et de mammifères marins en danger.

## LA SOIF DU PÉTROLE

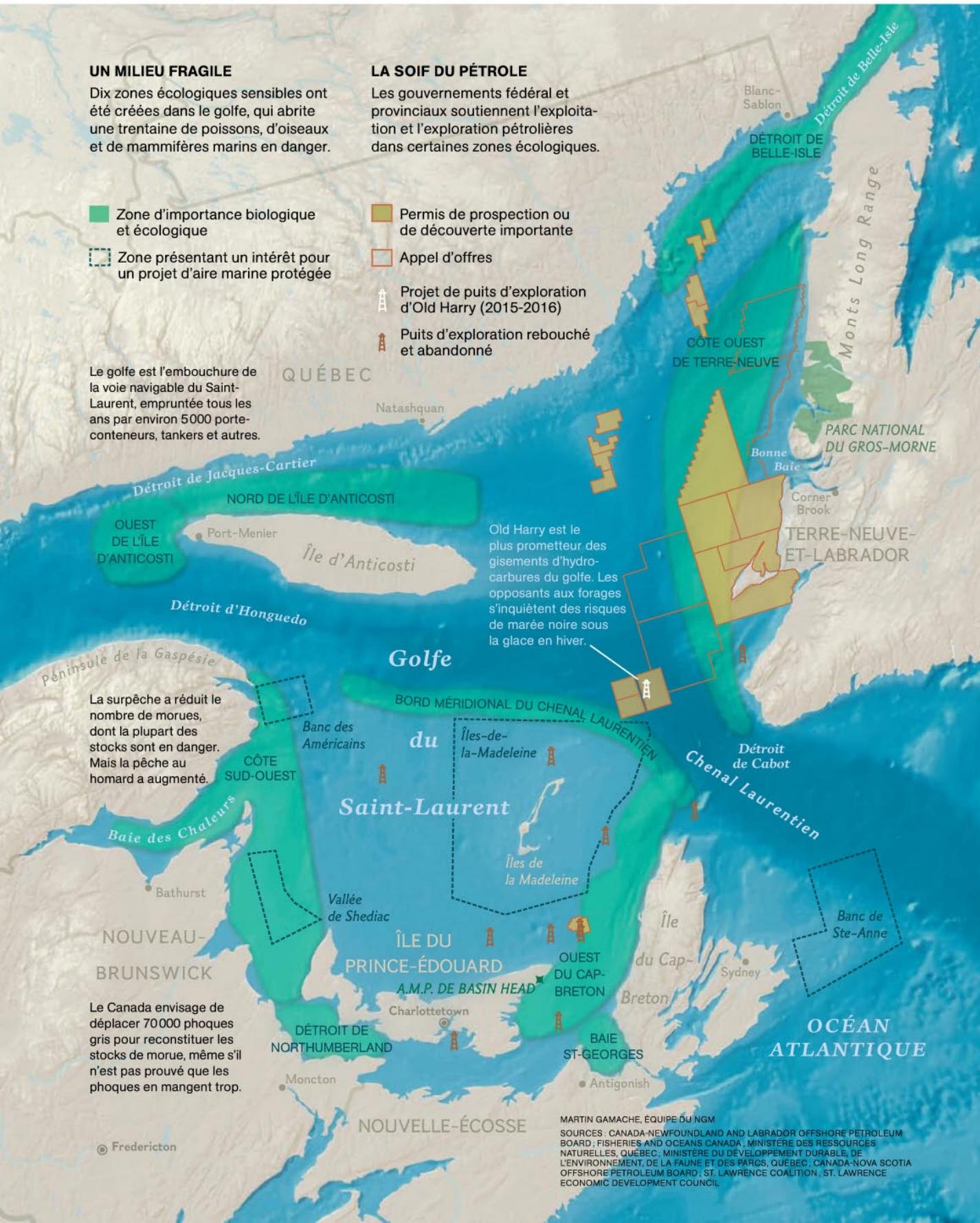
Les gouvernements fédéral et provinciaux soutiennent l'exploitation et l'exploration pétrolières dans certaines zones écologiques.

- Zone d'importance biologique et écologique
- Zone présentant un intérêt pour un projet d'aire marine protégée

- Permis de prospection ou de découverte importante
- Appel d'offres
- Projet de puits d'exploration d'Old Harry (2015-2016)
- Puits d'exploration rebouché et abandonné

Le golfe est l'embouchure de la voie navigable du Saint-Laurent, empruntée tous les ans par environ 5000 porte-conteneurs, tankers et autres.

Old Harry est le plus prometteur des gisements d'hydrocarbures du golfe. Les opposants aux forages s'inquiètent des risques de marée noire sous la glace en hiver.



Le Canada envisage de déplacer 70 000 phoques gris pour reconstituer les stocks de morue, même s'il n'est pas prouvé que les phoques en mangent trop.

MARTIN GAMACHE, ÉQUIPE DU NGM

SOURCES : CANADA-NEWFOUNDLAND AND LABRADOR OFFSHORE PETROLEUM BOARD ; FISHERIES AND OCEANS CANADA, MINISTÈRE DES RÉSOURCES NATURELLES, QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS, QUÉBEC ; CANADA-NOVA SCOTIA OFFSHORE PETROLEUM BOARD, ST. LAWRENCE COALITION, ST. LAWRENCE ECONOMIC DEVELOPMENT COUNCIL



A large-scale aerial photograph capturing a dense swarm of snow geese in flight. The birds are angled downwards towards a body of water, their white bodies and dark wings creating a repetitive, textured pattern against a dark background.

## EN ROUTE VERS L'ATLANTIQUE

Quittant l'Arctique à l'automne, des oies des neiges se reposent au Québec, sur leur route de migration atlantique.





**AVENTURES SOUS-MARINES** Un phoque du Groenland femelle (en haut, à gauche) incite son petit à quitter la glace pour nager près de l'île du Prince-Édouard. Avec le réchauffement des eaux et la diminution de la banquise dans le golfe, deux semaines de maternage ne garantissent plus la survie du nouveau-né. Après le départ de leur mère, les petits se noient parfois quand la glace s'effondre. La pire menace pour le béluga n'est pas une altercation avec un autre mâle de son espèce – qui a laissé des cicatrices sur ce juvénile (en bas, à gauche) –, mais les polluants industriels et les collisions avec des bateaux. Une méduse à crinière de lion (ci-dessus) dérive dans Bonne Baie. Certains spécimens peuvent atteindre 2,5 m de large.





### JEU DE CACHE-CACHE

Un chabosseau à épines courtes se cache sous un ponton à Blanc-Sablon, au Québec. Très vorace, il n'est d'aucun usage aux pêcheurs qui l'attrapent.

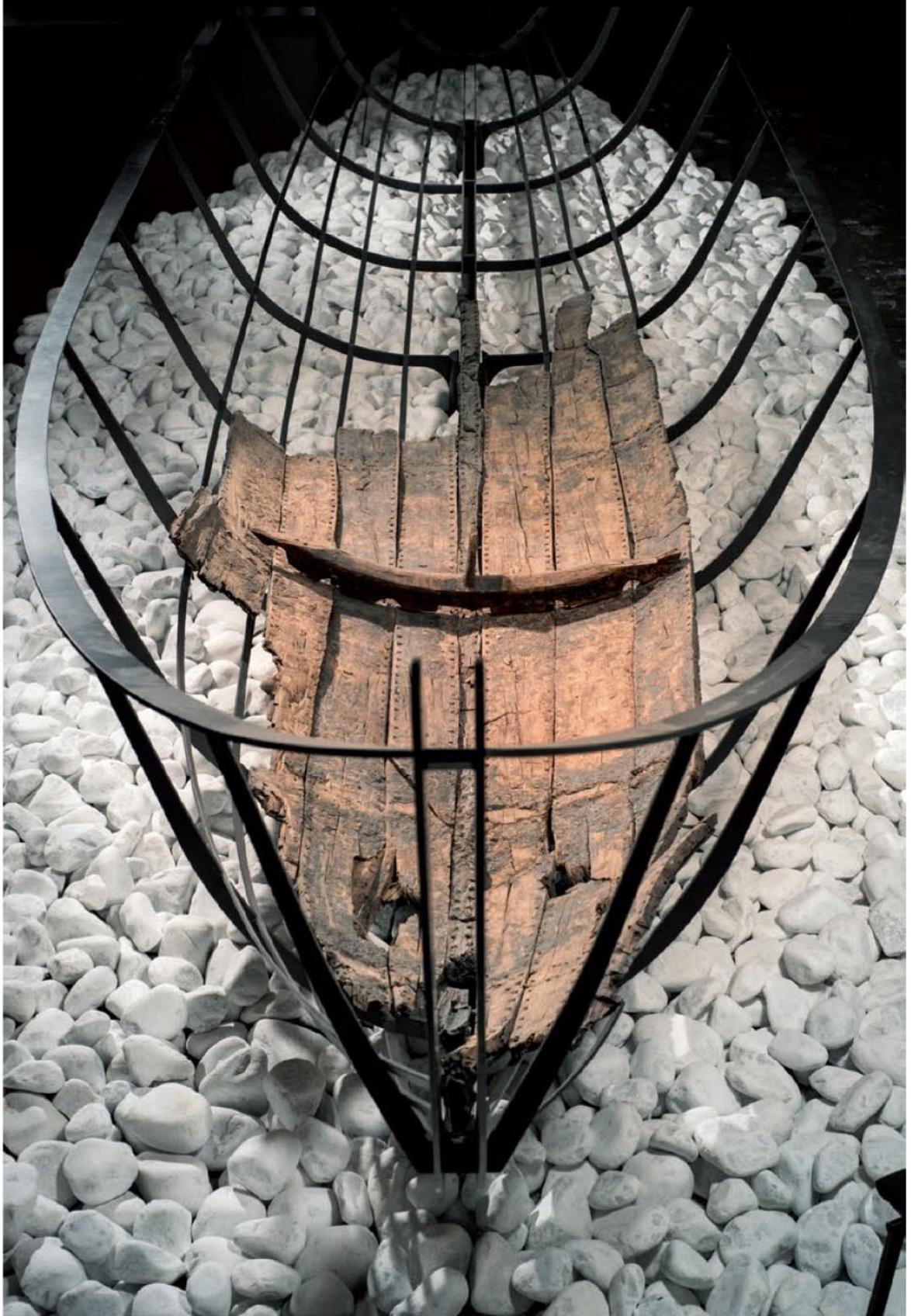


#### **SEUL SUR LA BANQUISE**

Un phoque du Groenland s'accroche à la glace qui fond près des îles de la Madeleine. Les petits passent leur premier mois sur un bout de banquise.



# HISTOIRE



NAVIRE GREC JULES VERNE 9, VI<sup>e</sup> SIÈCLE AV. J.-C., COLLECTION MUSÉE D'HISTOIRE DE MARSEILLE, VILLE DE MARSEILLE



Il y a 2 600 ans, des navigateurs de la cité grecque de Phocée traversèrent la Méditerranée et fondèrent Massalia, l'actuelle Marseille. Une équipe de scientifiques et de charpentiers de marine percent aujourd'hui le mystère de leurs navires.

---

# COMMENT LES PHOCÉENS VOGUÈRENT JUSQU'À MARSEILLE

---

**CONSERVÉS SUR 5 M DE LONG** et 1,5 m de large, les vestiges de ce bateau « cousu » ont permis d'étudier, pour la première fois, des ligatures encore en place. La barque romaine (ci-dessus), représentée sur une fresque du 1<sup>er</sup> siècle provenant de la villa de Sirmione, en Italie, est à voile et à rames – un type proche de celui de l'épave phocéenne.

**L**a terre était enfin en vue. Partis de Phocée, en Asie Mineure, plusieurs semaines auparavant, Protis et ses compagnons étaient épuisés par leur traversée. Le marin grec décida de faire mouiller les galères de sa flotte dans la calanque du Lacydon et de descendre à terre. Quelque temps plus tard, le mariage de Protis et de Gyptis, fille du chef local des Ségorbriges, était célébré. De cette union allait naître une ville, la plus ancienne de France : Massalia. Une ville qui, toujours, resta liée à la mer, dont elle tire ses richesses. Une ville que l'on nomme aujourd'hui Marseille.

Ce mythe fondateur aurait pu rester cantonné aux livres d'histoire. Deux mille six cents ans plus tard, en 1993, il revient au goût du jour à la faveur de fouilles préalables à la construction d'un parking. Sous la place Jules-Verne, à quelques pas du Vieux-Port, des archéologues découvrent les vestiges du port antique ainsi que deux épaves : un petit voilier de commerce et une grande barque côtière dans laquelle on repère même quelques fragments de corail rouge, probablement pêché au filet. Ces bateaux d'usage quotidien ont appartenu à la deuxième génération des fondateurs de Marseille. S'ils n'ont rien de l'ampleur des pentécontores – les galères de combat à cinquante rameurs décrites par l'historien grec Hérodote et utilisées par Protis –, leurs techniques de construction sont très proches et leur assemblage est lui aussi réalisé par ligatures de tissu et de fil de lin.

Chargée des fouilles et de l'étude des épaves, l'équipe d'archéologie navale du Centre Camille Julian (Aix-Marseille Université–CNRS)

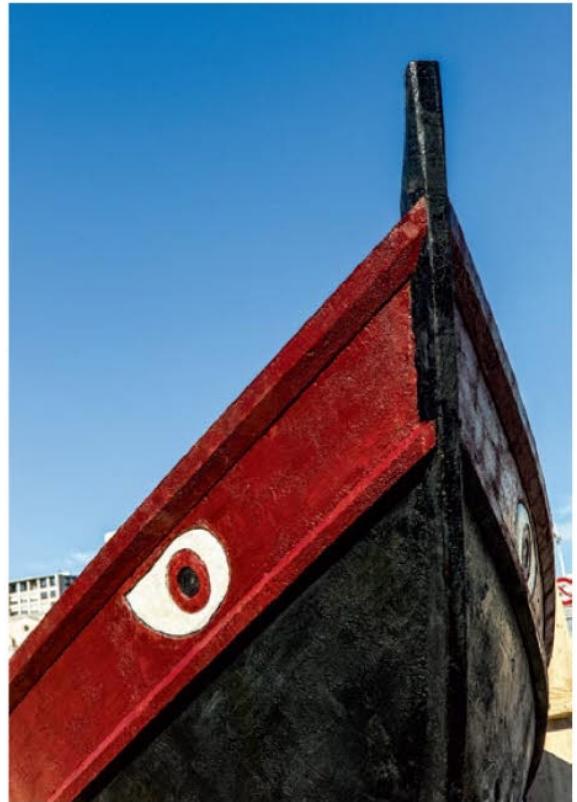


**NAVIGATEURS RÉPUTÉS**, les Grecs de Phocée ont exploré de nombreuses zones de Méditerranée (vue, ci-dessus, depuis le quartier de l'Estaque, à Marseille) avant de créer colonies et comptoirs.

propose alors de construire une réplique de la barque. Selon Patrice Pomey, responsable du projet et directeur de recherche émérite au CNRS, « l'idée était de vérifier, à taille réelle, nos hypothèses sur les techniques de l'époque ».

Mais comment reconstituer la forme de cette barque archaïque alors que son épave se réduit à quelques vestiges ? « Deux bateaux très semblables, mais moins bien conservés, avaient déjà été





**LA CONSTRUCTION D'UNE RÉPLIQUE**, baptisée *Gyptis*, a permis de mieux comprendre l'intérêt des différents types de ligatures (ci-dessus, à gauche). L'œil dessiné à la proue du navire (ci-dessus, à droite) figurait sur une céramique grecque représentant un bateau contemporain de *Gyptis*. Au total, le chantier aura duré sept mois et demi, et mobilisé 5 charpentiers de marine, 5 archéologues et 25 bénévoles.

retrouvés dans la région, précise Patrice Pomey. L'un avec la quille complète, qui nous a permis de savoir que le bateau mesurait 10 m de long ; l'autre, avec tout le système d'emplanture du mât. Un troisième, de la même famille, nous a aidés à retrouver la forme générale de notre barque. »

Une maquette en bois est alors réalisée. « Ses extrémités étaient trop fermées, se souvient Pierre Poveda, archéologue et coordinateur technique de l'opération. Nous avons rectifié le tir pour que tous les éléments soient en connexion. » Trois maquettes seront nécessaires avant de pouvoir modéliser sur ordinateur le plan du bateau, pièce par pièce. Les scientifiques poussent même leurs recherches jusqu'en Inde, dans le Kerala, où certains marins utilisent toujours des bateaux cousus. Autant de sources d'inspiration pour retrouver les gestes d'antan.

Parallèlement à ces études, des chênes pubescents, un chêne vert et des pins d'Alep sont sélectionnés en forêts de Cadarache et de Gémenos (Bouches-du-Rhône) pour les courbures et les

enfourchements qu'ils présentent. Les phases lunaires, qui influent sur les montées de sève, sont respectées pour choisir la date de leur abattage.

En février 2013, vingt ans après la découverte de l'épave, la construction de *Gyptis* peut démarer. Pour éviter tout anachronisme et mieux comprendre les techniques antiques, l'équipe se place dans des conditions d'expérimentation précises. Il s'agit de se mettre dans la peau des charpentiers phocéens. Et de travailler au maximum avec leurs outils et selon leurs procédés.

**TOUT PRÈS DE LA MÉDITERRANÉE**, dans le quartier du Pharo, l'atelier fait figure de ruche tranquille. Tout tourne autour du bateau naissant, alors qu'une forte odeur de sève mêlée d'essence de térébenthine imprègne les lieux. Des copeaux de chêne, aussi fins que de la dentelle, jonchent le sol. Quatre charpentiers issus du chantier naval marseillais Borg – spécialiste de la construction traditionnelle en bois – s'activent sans hâte. L'un d'eux, José Cano,





souligne les difficultés de l'exercice : « À l'époque on formait le volume avant l'ossature, alors qu'aujourd'hui on commence par celle-ci. Cette technique, on ne la connaissait pas : on en avait entendu parler, on s'était un peu documenté, mais il a fallu apprendre le geste. »

Pour faire ployer les planches de bois et les modeler selon la forme voulue, les constructeurs s'autorisent, en renfort de la vapeur des étuves et de la flamme des torches utilisées par les anciens, l'aide d'un chalumeau. Le recours à la « modernité » se limite à ce stade très délicat ainsi qu'à l'usage ponctuel de scies ou de perceuses.

« J'ai l'habitude de me remettre dans le contexte historique, mais, avec vingt-six siècles d'écart, j'avoue être dépassé ! », s'amuse Nabil Merabet, lui aussi charpentier de marine. Les Phocéens étaient de bons inventeurs, des cracks même, et ils ne disposaient que d'outils rudimentaires. » Des outils qui, s'ils n'ont que très peu évolué au cours du temps, ont disparu des chantiers modernes. Coup de chance, José Cano a justement déniché, sur un marché aux puces, une très ancienne herminette et une hache à tranchant plat. Le chantier de *Gyptis* offre une belle occasion de s'en servir.



**LE FIER GYPTIS** a déjà pris la mer une trentaine de fois, notamment dans le cadre des festivités de Marseille-Provence 2013. Plusieurs sorties sont prévues cette année afin de poursuivre l'expérimentation.

« Au VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., les Phocéens en étaient au début de l'âge du fer, rappelle Pierre Poveda. On peut imaginer que leurs outils subissaient une usure colossale et qu'autour d'un chantier comme celui-ci d'autres personnes travaillaient à aiguiser et forger. » Si les constructeurs du

## « LES PHOCÉENS ÉTAIENT DE BONS INVENTEURS, DES CRACKS MÊME. ET ILS NE DISPOSAIENT QUE D'OUTILS RUDIMENTAIRES. »

xxi<sup>e</sup> siècle ont œuvré près de huit mois avant de mettre *Gyptis* à flot, ceux de l'Antiquité devaient être plus rapides. Ne serait-ce que parce qu'ils avaient l'habitude de ce type de montage et qu'ils disposaient d'un nombre conséquent d'ouvriers serviles pour effectuer les tâches peu techniques. Pour l'heure, des bénévoles et des étudiants, passionnés par le projet, remplacent les esclaves. À eux les milliers de ligatures à effectuer pour lier les planches entre elles !

**AU FIL DES MOIS**, *Gyptis* prend forme en même temps qu'il répond aux questions des archéologues. La réplique grandeur nature leur permet de vérifier leurs hypothèses. Oui, ce type de bateau cousu était réalisable avec les instruments de l'époque. Mais, pour savoir à quel point il pouvait résister à l'épreuve du temps et de la mer, une autre étape d'expérimentation est nécessaire : la navigation. En octobre 2013, *Gyptis* est mis à l'eau sous le regard enthousiaste des Marseillais. À bord, huit rameurs, pour pallier les caprices du vent. Les premières sorties commencent, juste avant que la météo ne les stoppe jusqu'au printemps.

« Nous craignons que *Gyptis* manque de stabilité, avoue Pierre Poveda. Au final, il se comporte très bien dans les vagues. Et, malgré sa voile carrée, le bateau est capable de remonter au vent. Il file quatre nœuds et demi en moyenne, lorsqu'un navire moderne en atteint six ou sept. Ce n'est pas du tout honteux ! »

Pour les archéologues, il ne fait aucun doute que les fameux pentécontores, ancêtres de *Gyptis*, ont pu traverser la Méditerranée. « Les techniques de l'époque étaient suffisamment élaborées pour construire des navires de qualité », assure Patrice Pomey. Afin d'en apporter une preuve supplémentaire, la barque antique flamboyant neuve est attendue au printemps et à l'été dans plusieurs anciens comptoirs grecs. □

**VIE SAUVAGE**

# La fleur et la chauve-souris

*Des plantes tropicales utilisent fleurs ou feuilles en forme d'antenne parabolique pour mieux être repérées par les ultrasons des chauves-souris. Objectif: se faire polliniser.*



La forme et la position de cette  
fleur sont idéalement adaptées  
à l'oreille d'une chauve-souris.

PLANTE : *CRESCENTIA CUJETE*  
CHAUVE-SOURIS : *GLOSSOPHAGA COMMISSARISI*



AIRE DE RÉPARTITION DE  
*WERAUHIA GLADIOLIFLORA*  
DONNÉES DE TOUTES LES CARTES : TROPICOS

### PIÈGE POUR GOURMANDS

Le photographe a découpé cette fleur pour observer comment la langue de la chauve-souris prélève le nectar tandis que les anthères déposent le pollen sur le front de l'animal.

PLANTE: *WERAUHIA GLADIOLIFLORA*  
CHAUVE-SOURIS: *LONCHOPHYLLA ROBUSTA*





Par Susan McGrath  
Photographies de Merlin D. Tuttle

## La capacité d'invention de la nature

ne connaît pas de limites. Il n'est qu'à observer la façon dont une chauve-souris et une plante entremêlent leurs destins dans les basses forêts tropicales d'Amérique centrale.

*Glossophaga commissarisi*, un mammifère ailé minuscule, de la taille d'un pouce, volette parmi les fleurs de *Mucuna holtonii*, une liane à floraison nocturne. Il aspire leur nectar et, en contrepartie, les pollinise. Le jour, les fleurs peuvent afficher leurs attributs aux couleurs vives – écarlates ou fuchsia – pour attirer l'attention des chauves-souris nectarivores. Mais, la nuit, elles doivent recourir au son.

À la station biologique La Selva, dans le nord du Costa Rica, une vieille et vigoureuse *Mucuna* a tissé un plafond feuillu au-dessus d'une clairière. Au crépuscule, les fleurs de la liane se préparent à recevoir les chauves-souris. Le pétales supérieur qui couvre le bourgeon s'ouvre lentement à la verticale, créant un repère brillant. Puis, deux petits pétales latéraux se déploient, telles des ailes, révélant une fente en forme de carène. Une légère et délicieuse odeur d'ail s'en dégage – un signal longue distance destiné à appâter les serviteurs ailés de *Mucuna*.

Les chauves-souris utilisent les ultrasons comme un outil. Avec leurs cordes vocales, elles produisent des vibrations sonores brèves et rapides qui sortent par les narines ou la bouche. Les mammifères créent ainsi des ondes aériennes, puis interprètent les ondes qui ricochent en retour vers leurs oreilles hypersensibles.

La plupart des chauves-souris se nourrissent d'insectes et émettent des sons puissants, à longue portée, à chaque battement d'ailes. Les espèces nectarivores émettent des sons très particuliers,

que les spécialistes nomment «ondes entrelées modulées en fréquence». Ces émissions, si elles ne portent pas loin, fournissent une foule d'informations. Très efficaces à moins de 4 m, elles renvoient des détails sur la cible : sa taille, sa forme, sa position, sa texture, son angle, sa profondeur et autres spécificités que seule la chauve-souris nectarivore peut interpréter.

À La Selva, le pétales luisant et concave de *Mucuna* fonctionne comme un miroir : il capte les appels de la chauve-souris et renvoie des indications précises. Yeux, oreilles et museau pointés vers cet étendard, la chauve-souris s'agrippe alors à la fleur dans une fulgurante étreinte.

L'assemblage est parfait. La chauve-souris enfouit sa tête dans l'ouverture incurvée, se cramponne avec ses griffes à la base du repère, replie sa queue, soulève son postérieur. Arc-boutée en haut de la fleur, elle enfonce son museau dans la fente à l'odeur aillée. Sa longue langue déclenche un mécanisme interne de la fleur, qui fait s'écartez la pièce carénée. Et tandis que l'animal lape les profondeurs du réservoir à nectar, les anthères sortent tels des ressorts de la carène et aspergent la minuscule croupe de la chauve-souris de pollen doré.

Les chauves-souris nectarivores ont noué un partenariat fructueux avec certaines familles de plantes à fleurs. Les scientifiques le nomment «chiroptérophilie» – de «chiroptère», le nom d'ordre des chauves-souris, et *philia*, «amour» en grec. Mais cette relation n'a rien à voir avec la passion. Elle repose sur les nécessités de l'existence : survivre et se reproduire.

Échanger du nectar contre de la pollinisation est une transaction délicate, de celles qui posent un dilemme à une plante. Les plantes à floraison nocturne ont intérêt à économiser leur nectar car des chauves-souris trop bien nourries visiteront moins de fleurs. Mais, si elles se montrent

---

Susan McGrath a écrit «Ours blancs à la dérive» (juillet 2011). Merlin Tuttle est le fondateur de l'ONG Bat Conservation International.



Les échos que renvoie cette fleur cireuse attirent une chauve-souris déjà couverte de pollen.

trop avares, les visiteurs iront se servir ailleurs. Au fil du temps, les plantes pollinisées par les chauves-souris ont donc développé une idée ingénieuse : elles ont éludé le problème de la quantité (et de la qualité) du nectar pour simplifier l'action de la chauve-souris.

C'est ainsi que les plantes à floraison nocturne occupent des lieux bien situés et faciles d'accès pour les chauves-souris, qui viennent alors s'y abreuver aisément tout en étant protégées de leurs prédateurs arboricoles (serpents et opossums). Le parfum des fleurs est également rehaussé grâce à des composés de soufre – des signaux irrésistibles pour les chauves-souris. Toutefois, la liane *Mucuna* et d'autres plantes ont franchi une étape supplémentaire en adaptant leurs fleurs à l'oreille de la chauve-souris.

**JUSQU'EN 1999, PERSONNE N'IMAGINAIT que des plantes aident les chauves-souris à s'alimenter en utilisant des formes qui renvoient les sons.** Dagmar et Otto von Helversen, deux

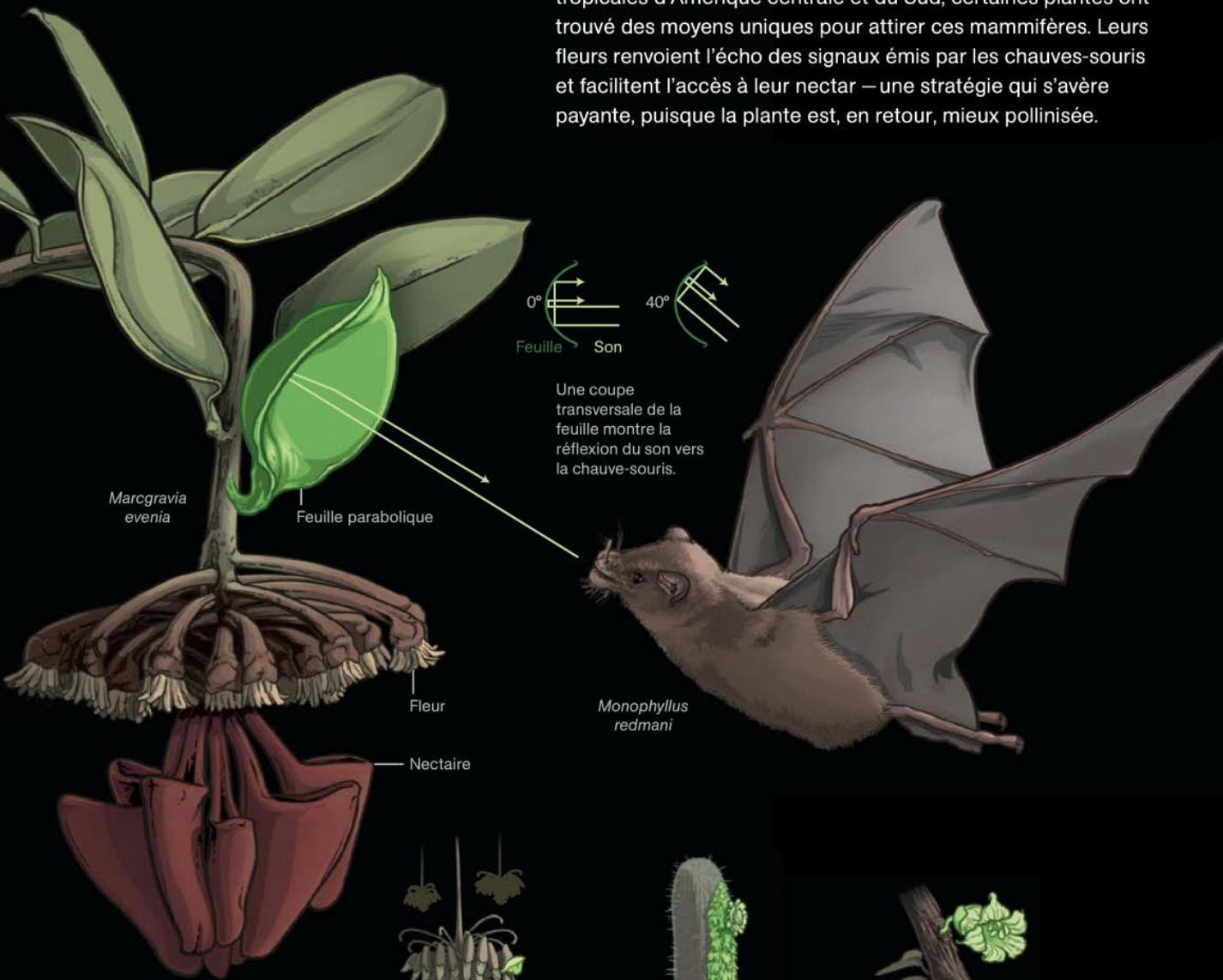
biologistes de l'université d'Erlangen (Allemagne), étudiaient, cette année-là, l'acoustique des chauves-souris à La Selva. Dagmar observa que le pétales-étandard de *Mucuna* offrait une ressemblance saisissante avec une balise de radioguidage – un signal acoustique clair, l'équivalent sonore du faisceau lumineux d'un phare. Des tests effectués sur des étendards modifiés de *Mucuna* confirmèrent la théorie.

À la suite de ces observations, les von Helversen décidèrent d'élargir leurs recherches aux échos renvoyés par les fleurs ; pour ce faire, ils utilisèrent une colonie de chauves-souris captives dans leur laboratoire d'Erlangen. Sous l'œil des chercheurs, le jeune assistant Ralph Simon dressa les chauves-souris à boire le nectar dans divers récipients, positionnés au hasard. On découvrit que les formes rondes et creuses attiraient plus particulièrement les animaux.

Plus tard, Simon identifia ce type de forme sur des fleurs en milieu naturel ; l'une d'elles, repérée sur une photo dans un magazine de

# Tous radars déployés

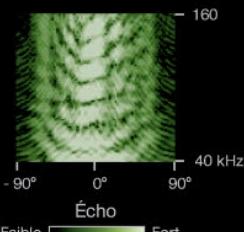
Chaque nuit, pour se nourrir, les chauves-souris nectarivores rendent des centaines de visites aux fleurs. Dans les forêts tropicales d'Amérique centrale et du Sud, certaines plantes ont trouvé des moyens uniques pour attirer ces mammifères. Leurs fleurs renvoient l'écho des signaux émis par les chauves-souris et facilitent l'accès à leur nectar – une stratégie qui s'avère payante, puisque la plante est, en retour, mieux pollinisée.



## Comment perfectionner les échos

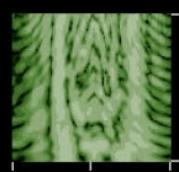
### Adapter la feuille

Les feuilles en forme de parabole de *Marcgravia evenia* (ci-dessus) renvoient un écho clair, qui se propage à plus grande distance.



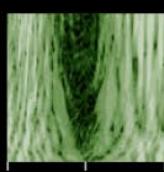
### Isoler les fleurs

Les fleurs de *Mucuna holtonii* sont accessibles sous les frondaisons. Sur chaque fleur, un pétalement concave transmet des signaux précis par écho.



### Amortir les bruits

Pour améliorer l'écho de ses fleurs, *Espostoa frutescens* étouffe les bruits de fond avec une bande de « fourrure ».



### Amplifier le son

Leur floraison sur le tronc et leurs pétales cireux permettent aux fleurs de *Crescentia cujete* d'être mieux localisées acoustiquement.



MATTHEW TWOMBLY, ÉQUIPE DU NGM ; MESA SCHUMACHER

SOURCES : RALPH SIMON, DÉPARTEMENT DE LA TECHNOLOGIE DES CAPTEURS, UNIVERSITÉ D'ERLANGEN ; MERLIN D. TUTTLE, DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE INTÉGRATIVE, UNIVERSITÉ DU TEXAS ; NATHAN MUCHHALA, UNIVERSITÉ DU MISSOURI-ST. LOUIS

nature, était dotée d'une sorte d'antenne parabolique. Intrigué, Simon se rendit à Cuba où le cliché avait été pris. Une nuit, tapi dans la forêt, l'étudiant exulta. Le spectacle de chauves-souris buvant le nectar des fleurs avant d'être aspergées de pollen confirmait ses hypothèses.

Une feuille en forme d'antenne parabolique aide-t-elle vraiment les chauves-souris à localiser plus facilement une fleur ? De retour au laboratoire, Simon constata qu'une réplique de cette feuille, positionnée au-dessus d'un récipient, diminuait par deux le temps de recherche de la chauve-souris, tandis qu'une réplique de feuille plate l'améliorait à peine.

« Une feuille plate, normale, ne réfléchit le son qu'une fois, quand la vibration rebondit sur elle, explique Simon. Mais, à l'approche de la chauve-souris, la feuille en forme d'antenne parabolique renvoie un fort écho, à de nombreuses reprises et sur un faisceau assez large. C'est une vraie balise en ce sens que l'écho a un timbre unique, aussi repérable qu'une fleur de couleur au milieu d'une végétation verdoyante. »

Désormais diplômé, Simon construisit un robot mobile revêtant l'apparence d'une tête de chauve-souris. Dans le triangle formé par le nez et les oreilles du robot, il fixa une minuscule enceinte à ultrasons, ainsi que deux récepteurs. Il plaça des fleurs sur un support tournant, puis, par le nez du robot, émit vers elles des modulations de fréquence complexes, semblables aux sons produits par une chauve-souris nectarivore. Simultanément, Simon enregistra les échos parvenant aux oreilles électroniques du robot. C'est ainsi qu'il récolta les « signatures » électroacoustiques de fleurs provenant de soixante-cinq espèces de plantes pollinisées par les chauves-souris. Chaque fleur testée avait une empreinte acoustique unique et attrayante.

Au final, Simon découvrit que les fleurs à chauves-souris ont en commun plusieurs formes d'adaptation aux sons. Toutes présentent une surface circuse qui réfléchit fortement les sons, ainsi qu'une taille et une forme remarquablement homogènes. En utilisant comme base de comparaison les empreintes d'échos de trente-six fleurs à chauves-souris appartenant

à douze espèces, Simon créa un programme informatique répertoriant 130 nouvelles fleurs d'espèces identifiées sur la seule base du son. Le programme confirma ce que les chauves-souris savaient depuis longtemps : certaines fleurs parlent leur langage.

#### **POURQUOI CERTAINES PLANTES font-elles autant d'efforts pour attirer les chauves-souris et les récompenser ?**

« Parce que les chauves-souris sont les polliniseurs les plus efficaces, affirme Simon. Elles le méritent. »

En 2010, Nathan Muchhal, chercheur en écologie de l'évolution à l'université du Missouri-St. Louis (États-Unis), a publié une étude comparative des colibris et des chauves-souris nectarivores en Équateur. Il y révélait qu'une chauve-souris relâche dans la nature environ dix fois plus de grains de pollen qu'un oiseau-mouche. Et qu'elle les transporte sur de plus longues distances. On estime que le colibri répand le pollen sur un rayon d'à peu près 200 m tandis que *Leptonycteris curasoae*, le long-courrier des chauves-souris nectarivores, peut se déplacer jusqu'à 50 km de son perchoir. Pour les plantes de la forêt tropicale, souvent épargnées en petite quantité sur de vastes territoires, ce rayon d'action offre un avantage certain. La pollinisation à longue portée devient d'autant plus cruciale que les forêts sont de plus en plus fragmentées par la déforestation.

Dans les années 1790, le biologiste italien Lazzaro Spallanzani fut ridiculisé pour avoir émis l'hypothèse que les chauves-souris parvaient à voir dans l'obscurité grâce à leurs oreilles. Un siècle et demi plus tard, à la fin des années 1930, les scientifiques comprirent enfin comment fonctionnait ce mécanisme. Aujourd'hui, nous savons que les plantes elles-mêmes, se conformant à la capacité des chauves-souris de « voir » avec le son, ont adapté leurs fleurs pour être entendues. La nuit, celles-ci attirent ainsi l'oreille des chauves-souris, tout comme les fleurs diurnes se parent de vives couleurs pour attirer l'œil des polliniseurs. C'est dans ce type d'interactions très complexes que la nature révèle sa magie la plus profonde. □





AIRE DE RÉPARTITION DU MAHOT BOIS-BLEU

### UN MANTEAU DE POLLEN

Une chauve-souris, la fourrure couverte de pollen, émerge de la fleur d'un mahot bois-bleu. Dans l'est de Cuba, plus de 1 million de ces chirop-tères sont réunis en une seule colonie, sorte de centrale pollinisatrice.

PLANTE : *TALIPARITI ELATUM*  
CHAUVE-SOURIS : *PHYLLONYCTERIS POEYI*





### TRANSPORTS EXPRESS

À mesure que les espaces vierges diminuent et que les plantes sont isolées, les chauves-souris nectarivores jouent un rôle crucial. Chaque nuit, certaines transportent du pollen sur 50 km.

PLANTE : *ESPOSTOA FRUTESCENS*  
CHAUVE-SOURIS : *ANOURA GEOFFROYI*



ZONE DE RÉPARTITION  
DE *ESPOSTOA FRUTESCENS*



# Abonnez-vous à NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE

Près de **35%** de réduction\*\*



1 an - 12 numéros

## Les avantages de la formule Liberté



**Un tarif très intéressant :** 4<sup>€50</sup> par mois seulement au lieu de 6<sup>€90\*</sup> par mois,  
soit près de 35% de réduction\*\*.



**Un paiement tout en douceur :** vous ne vous préoccupez plus de votre prochain paiement.  
Chaque mois, le montant de 4<sup>€50</sup> est prélevé directement sur votre compte.  
Et vous ne manquez aucun numéro !



**Aucun engagement :** vous êtes libre de résilier ce service à tout moment par simple lettre.  
Les prélèvements s'arrêtent alors immédiatement.

# et ses HORS-SÉRIES



## BON D'ABONNEMENT

Bulletin à compléter et à retourner sans affranchir à :  
**National Geographic**

Libre réponse 91149 – 62069 Arras Cedex 09.

Vous pouvez aussi photocopier ce bon ou l'envoyer  
vos coordonnées sur papier libre en indiquant l'offre et  
le code suivant : **NGE176D**

**Oui**, Je m'abonne à National Geographic (12 n° + 3 n° hors-séries) au tarif exceptionnel de 4,50€/mois au lieu de 6,90€\* soit **pres de 35% de réduction**.

Je recevrai le formulaire d'autorisation de prélevement automatique à remplir. J'ai bien noté que je pourrais arrêter mon abonnement à tout moment par simple courrier.

**Oui**, Je m'abonne à National Geographic et à ses hors-séries, (12 n° et 3 hors-séries) pour un an.  
Je règle **54€** au lieu de **83,10€**

Je préfère m'abonner à National Geographic seul.  
Je règle 45€.

Je note ci-dessous mes coordonnées :

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_

Ville \_\_\_\_\_

e-mail \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

Je souhaite être informé(e) des offres commerciales du groupe Prisma Média et de celles de ses partenaires.

Je choisis mon mode de règlement :

Chèque bancaire à l'ordre de  
*National Geographic France*

Carte bancaire:  Visa  Mastercard

N° \_\_\_\_\_

Indiquez les 3 derniers chiffres du numéro  
qui figure au verso de votre carte bancaire \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_

Signature \_\_\_\_\_

NGE176D

L'abonnement, c'est aussi sur :

[www.prismashop.nationalgeographic.fr](http://www.prismashop.nationalgeographic.fr)

ou au **0 826 963 964** (0,15€/min)

\*Prix de vente au numéro. \*\* par rapport au prix de vente au numéro. Vous pouvez acquérir chaque numéro du mensuel au prix de 5€20 et les hors-séries au prix de 6€90. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France métropolitaine, valable 2 mois. Délais de livraison du premier numéro : 4 semaines environ. Les informations ci-dessus sont indispensables au traitement par PRISMA MEDIA de votre abonnement. A défaut, votre abonnement ne pourra être mis en place. Ces informations sont communiquées à des sous-traitants pour la gestion de votre abonnement. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amenés à recevoir des propositions des partenaires commerciaux du groupe PRISMA MEDIA. Si vous ne le souhaitez pas, vous pouvez cocher la case ci-contre. Vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition pour motifs légitimes aux informations vous concernant auprès du groupe PRISMA MEDIA.



Gravure sur bois du xix<sup>e</sup> siècle illustrant le mythe des 108 bandits, qui ont réhabilité l'image du tatouage en Chine.

## Tatouages infamants

**J**adis, en Chine, on pouvait perdre la face au sens propre. Il y a 4000 ans environ, la dynastie Xia a introduit la pratique des tatouages punitifs dans l'empire. «Voleur», «adultère»... les criminels se voyaient condamnés à avoir le nom de leur forfait inscrit sur le front et les joues. Le marquage des prisonniers de guerre était aussi pratique courante, leur visage portant le nom de ceux qui les avaient vaincus et capturés. Le tatouage fut associé à un signe dégradant jusqu'à ce que des tatoués héroïques rehaussent son image. Ainsi des 108 brigands regroupés sur le mont Liang, dans le Shandong. D'après un récit épique du xiv<sup>e</sup> siècle, ces bandits légendaires, nobles de cœur et recouverts de tatouages, se rebellèrent contre les troupes impériales corrompues, qui maltraitaient les paysans.

À DÉCOUVRIR à l'exposition «Tatoueurs, tatoués», au musée du quai Branly (Paris), du 6 mai 2014 au 18 octobre 2015.

## PLEINS FEUX SUR LE CŒLACANTHE

Ce poisson osseux peuple les océans depuis 400 millions d'années. On a longtemps cru que l'espèce avait disparu il y a 65 millions d'années, à l'époque de l'extinction des dinosaures. Jusqu'à ce que, au début du xx<sup>e</sup> siècle, deux spécimens soient pris dans des filets de pêche. *Latimeria chalumnae*, nommé gombessa par les Comoriens, est le dernier représentant d'un groupe zoologique venu du fond des âges. Si ce géant de 2 m vit retranché à plus de 100 m de profondeur, ses ancêtres furent à l'origine du premier vertébré qui parvint à coloniser le monde terrestre.



Les rencontres entre l'homme et le coelacanthe dans son milieu naturel sont rarissimes.

À DÉCOUVRIR dans le livre *Gombessa*, rencontre avec le coelacanthe, de Laurent Ballesta, éd. Andromède Collection, et dans le documentaire *Le coelacanthe, plongée vers nos origines*, diffusé sur Arte, le 3 mai 2014, à 20 h 50.



## Le code du boubou

Derrière leur profusion de formes, les boubous du Niger cachent tout un langage. La coupe baptisée *funu ga dan guinde* (littéralement « trouver le pagne et porter au cou ») désigne un habit basique et neutre. En revanche, le *sar ga gna zi* (« saute et pousse la mère »), qui dévoile une large partie du corps, doit son nom au fait que les jeunes filles le portent souvent sans le consentement de leur mère. Le *banda bara a se* (« tourne-lui le dos ») désigne quant à lui un modèle très échancré dans le dos. La palme de la sensualité revient au *kurnye si kani taray*, une coupe particulièrement moulante dont le nom signifie « le mari ne dormira pas dehors ».

**LU DANS** *Corps du monde, sous la direction de Bernard Andrieu et Gilles Boëtsch, éditions Armand Colin.*

## L'AUBE D'UNE NOUVELLE CRISE PANDÉMIQUE ?

L'érosion de la biodiversité est-elle le prélude à l'émergence de nouvelles pandémies ? En d'autres termes, les agents pathogènes hébergés par les espèces animales menacées ou invasives vont-ils disparaître avec leurs hôtes, ou plutôt s'adapter et trouver de nouveaux réservoirs, à commencer par l'homme ? Le deuxième scénario semble d'autant plus probable que l'augmentation de la densité humaine favorise déjà ce transfert de l'animal à l'homme, à l'image des virus H5N1, H1N1 ou VIH. Des travaux réalisés aux États-Unis sur la maladie de Lyme, due à une bactérie présente dans le sang, tendent aussi à accréditer la seconde hypothèse. La disparition des oiseaux de proie a en effet conduit à une augmentation des populations de rongeurs, réservoirs naturels de la bactérie, et, avec elle, à une recrudescence des cas d'infection humaine.

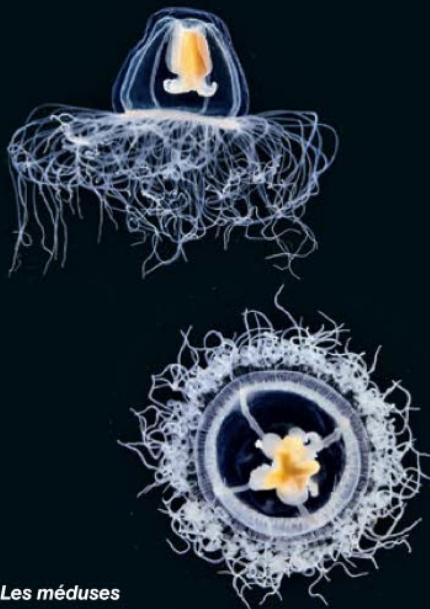
À ÉCOUTER *lors de la conférence « Maladies émergentes, nouvelle menace sur la planète ! », le 22 mai, de 18 h 30 à 20 h, au musée des Arts et Métiers (Paris). En partenariat avec le CNRS.*

## C'est votre photo !

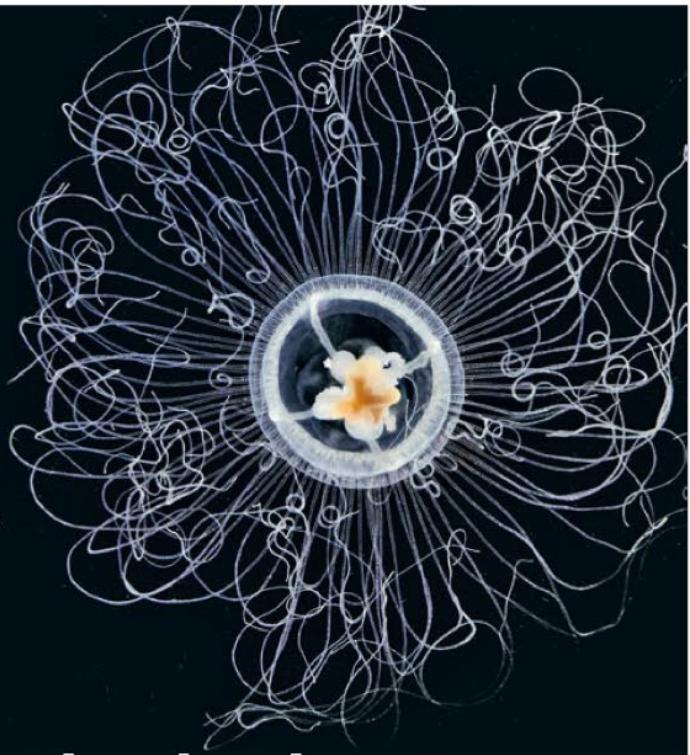


Lors d'un voyage sur l'île grecque de Mykonos, Jean-Yves Palfray a eu à cœur d'immortaliser l'attraction locale. « Il y a trois pélicans : Petros, offert par le zoo de Hambourg ; Irene, cadeau de Jackie Kennedy ; et Nikolas, qu'un pêcheur a recueilli alors que l'oiseau était blessé. Ce sont les mascottes des autochtones. Elles se promènent un peu partout, dans les magasins, les restaurants... » Jean-Yves a toutefois dû attendre plusieurs jours avant qu'un de ces volatiles se décide à poser devant l'église orthodoxe qu'il avait choisie comme cadre.

Partagez vos photos sur notre site :  
<http://communaute.nationalgeographic.fr>



Les méduses  
*Turritopsis nutricula*  
et *dohrnii* ont un  
« don d'immortalité ».



## Les superpouvoirs du plancton

Pour être en grande partie invisibles à l'œil nu, les organismes qui composent le plancton n'en sont pas moins remarquables. Le phytoplancton – ou plancton végétal – est, aux côtés des plantes terrestres, l'autre poumon de la planète. Il produit à lui seul la moitié de l'oxygène atmosphérique ! Quant au plancton animal, il compte dans ses rangs un organisme considéré

comme immortel. La petite méduse *Turritopsis dohrnii* défie en effet les lois de la biologie : elle a la capacité de revenir à un stade antérieur de son développement, en se retranformant en polype.

À LIRE dans *Plancton, aux origines du vivant*,  
de Christian Sardet, éd. Ulmer, et *Dans le bleu*  
des océans, Collectif, MHN de La Réunion.

## UN LIT POUR TROIS

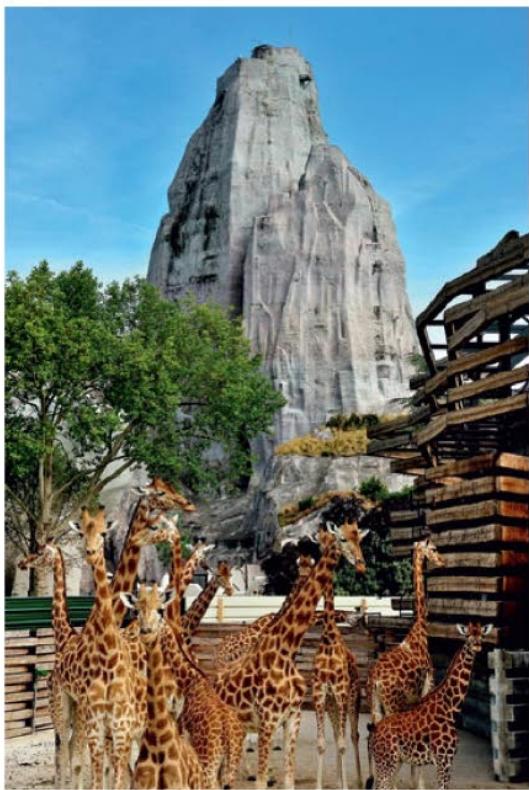
Au XVIII<sup>e</sup> siècle, l'exiguité des navires imposait à tous des conditions précaires pour dormir. Les simples marins disposaient chacun de leur propre branle (hamac) dans l'entre pont, mais sur moins de 2 m<sup>2</sup>. Les officiers et sous-officiers, eux, devaient partager leurs couchettes au gré des quartiers. Les navires de guerre étaient rythmés par les trois huit : un tiers de l'équipage dormait, tandis qu'un tiers se tenait aux postes de combat, le reste des hommes veillant aux travaux de remise en état du bateau. Au siècle suivant, l'expression « banette chaude » est apparue pour désigner cette rotation dans les couchages. Une pratique toujours en vigueur dans les sous-marins !



À DÉCOUVRIR à l'exposition « Des embruns dans les bulles », au Centre international de la mer – La Corderie royale (Rochefort), jusqu'en janvier 2016.

## Vincennes ou la vie sauvage

Comment faire en sorte que les animaux d'un zoo se sentent presque comme chez eux ? Pour sa réouverture, le parc zoologique de Paris (ancien zoo de Vincennes) a cherché à reconstituer leur habitat naturel. Dans un décor de steppes, les lions disposent de rochers chauffants. Jaguars et lynx disposent quant à eux d'un plan d'eau pourvu de poissons de Guyane, où ils peuvent renouer avec leurs comportements de pêche. Quant aux loups, ils évoluent au milieu de rochers placés à différentes hauteurs, afin qu'ils s'installent en respectant la hiérarchie de la meute. D'autres dispositifs ont été aménagés pour soigner les pensionnaires en évitant le stress d'une capture. Entre leur loge et leur enclos, les girafes passent ainsi quotidiennement dans un couloir tapissé de coussins. Amovibles, ils permettent de les immobiliser en douceur, tandis qu'une série de trappes autorise un examen sous toutes les coutures.



À VOIR au parc zoologique de Paris.  
Réouvert depuis le 12 avril 2014.

## 156 CADEAUX POUR NOS ABONNÉS



### 100 invitations

pour l'exposition « Tatoueurs, tatoués », au musée du quai Branly (Paris), sont à gagner au 0826 963 964, à partir du 6 mai 2014, à 9 h (0,15 €/min). Les gagnants seront les premiers à appeler. Offre limitée à 2 invitations par foyer.

### 1 coffret

*National Geographic, le tour du monde en 125 ans*, de Reuel Golden, aux éditions Taschen, est à gagner au 0826 963 964 à partir du 6 mai 2014, à 9 h (0,15 €/min). Le gagnant sera le premier à appeler.

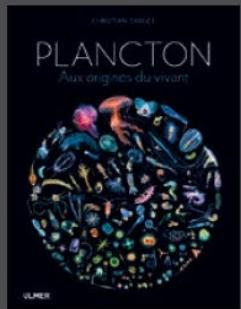


### 50 invitations

pour l'exposition « Des embruns dans les bulles », à Rochefort, sont à gagner au 0826 963 964 à partir du 7 mai 2014, à 9 h (0,15 €/min). Les gagnants seront les premiers à appeler. Offre limitée à 2 invitations par foyer.

### 5 livres

*Plancton, aux origines du vivant* sont à gagner au 0826 963 964 à partir du 7 mai 2014, à 9 h (0,15 €/min). Les gagnants seront les premiers à appeler. Offre limitée à 1 ouvrage par foyer.



## LE MAKING OF de «Avec les démolisseurs de navires», p. 68 à 81

### La pause-thé des ouvriers

Chaque après-midi, quand le soleil amorçait sa descente, le photographe Mike Hettwer quittait à la hâte les chantiers de démolition de navires du Bangladesh pour se rendre dans un salon de thé où les ouvriers se réunissaient pour leur pause (photo ci-dessous). «J'avais constaté qu'une lumière dorée descendait sur le mur pendant quelques minutes», explique-t-il. Les hommes semblaient s'en délecter, s'attardant devant un dernier thé sucré avant de retrouver leur dur labeur : démanteler des bateaux abandonnés, à l'aide quasi exclusive de chalumeaux et de leurs mains nues. «Quand j'ai commencé à prendre des photos dans ces chantiers, j'ai été impressionné par le spectacle des gigantesques navires en train d'être démembrés», témoigne Mike Hettwer. Mais j'ai vite réalisé que le vrai sujet de ce reportage, c'étaient les hommes qui risquaient leur vie pour un salaire de misère.» Au cours de plusieurs voyages, répartis sur une période de six ans, il a suivi ces ouvriers, des entrailles luisantes de pétrole des supertankers aux travées noires de suie des cargos. Son expérience la plus marquante a été le jour où il a ressenti l'onde de choc provoquée par l'explosion d'un navire à proximité et qu'il s'est précipité sur place. «Les propriétaires avaient bouclé le périmètre, mais, de loin, j'ai pu voir les ouvriers sortir frénétiquement les corps de leurs camarades des décombres fumants.» — Peter Gwin



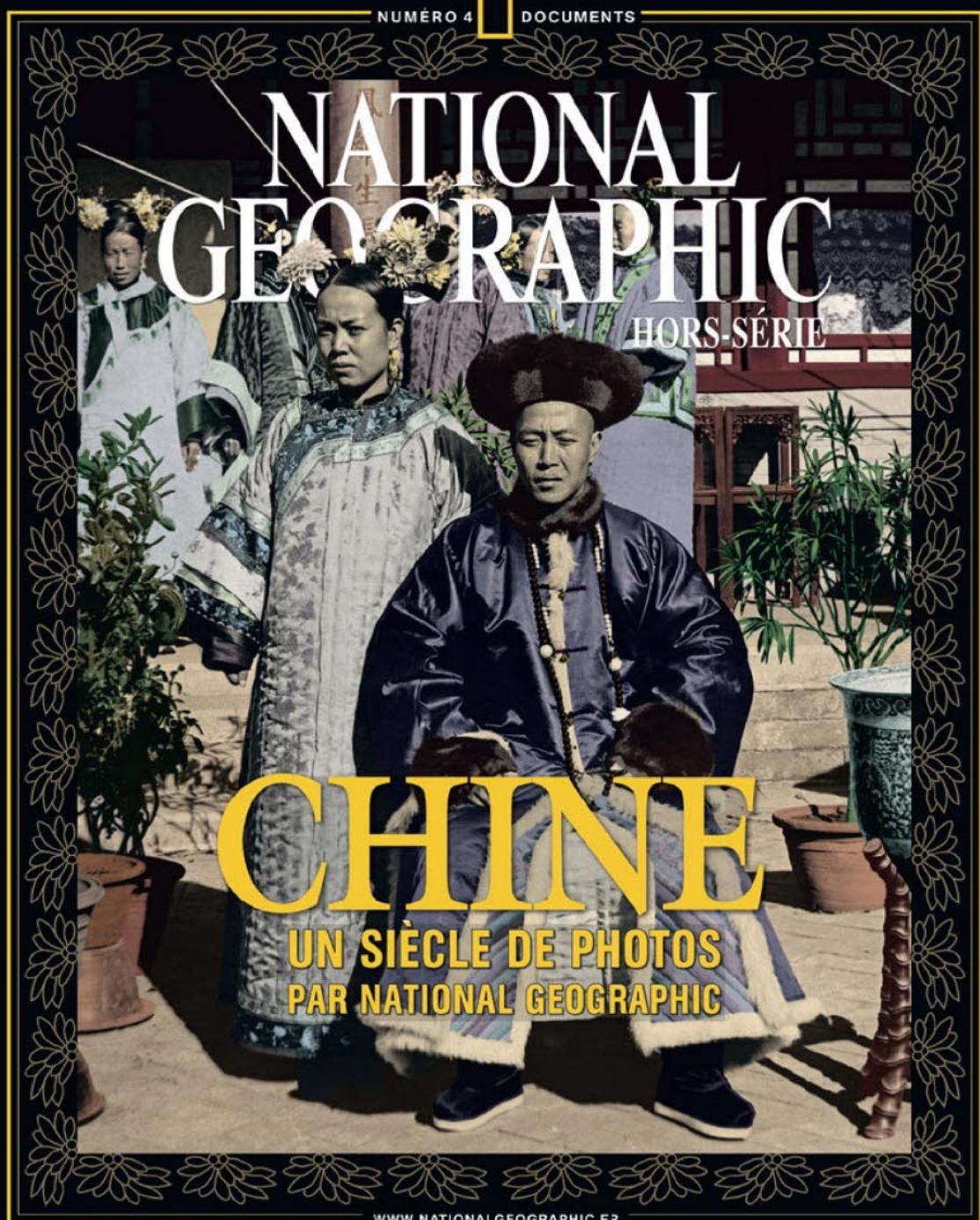
Le photographe américain Mike Hettwer.



# UN HORS-SÉRIE EXCEPTIONNEL

NATIONAL GEOGRAPHIC HORS-SÉRIE

LA CHINE



En vente chez votre marchand de journaux



En 1930, Michel Vieuchange (ci-dessus) voulait être le premier Occidental à atteindre Smara.

# Au bout du désert

**NOTRE PHOTOGRAPHE EST PARTI SE PERDRE DANS LE DÉSERT DU SUD MAROCAIN, LE RÍO DE ORO, SUR LES TRACES D'UN JEUNE AVENTURIER ENTÈTÉ DU XX<sup>e</sup> SIÈCLE.**

Par Rodolphe Marics et Céline Lison Photographies de Rodolphe Marics

**M**on voyage a commencé sur un étal de bouquiniste. Au hasard d'une promenade, mon regard s'était posé sur une couverture barrée d'un *Smara, carnets de route* de Michel Vieuchange. Je n'avais jamais entendu parler de cet homme. Je découvrais qu'en 1930 ce Français de 26 ans, inexpérimenté et mal préparé, s'était mis en tête de devenir le



où se trouve le cimetière français. À l'abri de deux saules, une sobre plaque gravée d'une phrase : « Je dormirai n'importe où, je souffrirai n'importe quoi. Un seul besoin : atteindre Smara. » Accompagné de guides, chaussé de babouches et camouflé sous un costume de femme berbère, Michel Vieuchange était parti à pied, sans même connaître le berbère ni l'arabe ! Avait-il mesuré, avant son départ, la difficulté de son entreprise ?

Dressé devant une ferme traditionnelle en terre, un lévrier arabe (à droite) contemple la plaine de Fask. Sur la carte, le parcours (en rouge) de Michel Vieuchange.

**AU BOUT D'UNE HEURE DE VOITURE**, me voilà à Tiznit, point de départ de l'expédition de Michel Vieuchange. De longs remparts entourent l'ancienne médina. Des ruelles tortueuses mènent au souk multicolore de fruits et légumes. J'ai décidé de m'écartier de la route de l'explorateur et de longer la côte atlantique pour rejoindre Fask, la première étape figurant sur la carte de son livre.

Lorsque j'y parviens, le soleil se couche déjà. Seuls quelques rayons illuminent encore le djebel Bani, la montagne qui domine la petite ville. Le chemin abrupt par lequel Michel Vieuchange est arrivé est là, au sommet de ces crêtes. Devant s'étale l'immense et aride plaine qui ouvre les « portes » du Sahara.

Le lendemain, j'ai rendez-vous avec Pierre-Jean, un Français devenu guide saharien : « Le désert est un milieu en

# marocain

premier à rejoindre Smara, capitale religieuse des Sahraouis, fondée en 1887, interdite aux Occidentaux, perdue en plein cœur du désert saharien. Que recherchait-il ? Au verso de la couverture, son regard sombre respirait la détermination sans offrir de réponse. Une carte du Sud marocain détaillait son parcours. Ma décision était prise. Moins d'un mois plus tard, j'atterrisais à Agadir.

La ville est en plein essor, tournée vers le modernisme et le tourisme balnéaire. À peine arrivé, je fuis le centre-ville et ses tumultes, filant vers le port, au nord-est,

perpétuel mouvement. Rien n'est stable ni figé ici. Il suffit d'un grand vent, d'une tempête de sable, pour qu'une dune progresse et vienne effacer la piste empruntée la semaine précédente. Une pluie et, soudain, tout émerge, vit : les plantes réapparaissent miraculeusement.»

Cet amoureux du désert connaît bien l'histoire de Michel Vieuchange. Pour lui, l'homme n'était absolument pas préparé à l'expédition « inconsidérée et orgueilleuse » qu'il avait imaginée avec son frère. Pierre-Jean nous fait monter à bord de son 4 x 4. Direction : le Grand Sud.

**LE RÍO DE ORO EST UNE TERRE** de paradoxes : une immensité sèche et aride d'où surgit parfois... de l'eau. Nous voici devant des sources chaudes, qui procurent un véritable délice après la route et la poussière ! Pour couronner le tout, à la nuit tombée, la Voie lactée, invisible depuis nos contrées, offre un somptueux spectacle. Michel Vieuchange y a-t-il goûté, lui qui voyageait beaucoup de nuit pour éviter d'être démasqué ? Dans ses carnets de route, il fait davantage mention du froid.

Le lendemain, nous partons pour El-borj à travers des épineux, des acacias, des arganiers et des dunes de sable parsemées de pierres coupantes. Une femelle dromadaire à l'écart d'un troupeau a certainement mis bas la nuit précédente : son chameçon la suit comme son ombre.

Au village, je fais la connaissance de Mbarek Eddimani, président d'une association pour le développement, l'éducation et l'enseignement regroupant plusieurs tribus du secteur. Cet ancien militaire de 54 ans vient aussi d'ouvrir un campement traditionnel, La Dune d'or. Il nous invite à boire un thé à la menthe et à partager des galettes de pain encore chaudes sous une *khaïma*, la tente nomade. Lorsque je fais part à Mbarek de la raison de ma présence, je le vois écarquiller les yeux de surprise. Il m'annonce qu'il est le petit-fils d'Ali Mouloud, le cheikh de



Dissimulé sous les habits d'une Berbère, Michel Vieuchange pose avec ses compagnons.

**«Une pluie et, soudain, tout émerge, vit : les plantes réapparaissent miraculeusement.»**



Des dromadaires traversent la route qui relie Tarfaya à El-Aiun, devant l'un des plus grands parcs éoliens d'Afrique.



Pierre-Jean, notre guide (ci-dessus), marque une pause à l'ombre d'une *khaïma* (tente nomade). La «*dune d'or*» (à droite), située à l'extérieur du village d'El-borj, a vu passer Michel Vieuchange.





## Pourquoi cette course folle vers Smara, ce dépassement de soi ? Mystères...

Tiglit, l'un des personnages-clés de l'expédition de Vieuchange. Le désert est petit ! Je sors de mon sac un exemplaire jauni du livre du Français, publié en 1932. C'est décidé : Mbarek nous accompagnera le lendemain à Tiglit, son village natal, où Vieuchange se terra pendant plusieurs semaines avant de pouvoir continuer sa route vers Smara.

**LA PALMERAIE DE TIGLIT** apparaît au tournant d'une piste caillouteuse, dans une vallée encaissée. Le village est en grande partie en ruine, mais le vacarme des pelleteuses témoigne d'un changement prochain. Des projets d'auberge et de coopérative de miel sont lancés. Un modeste musée dédié à Michel Vieuchange vient même d'ouvrir : Marocains et touristes de passage s'y intéressent beaucoup ! Je découvre bientôt la petite maison, en partie démolie, où l'aventurier séjournait. Dans ses carnets, il la décrit : « Fusil pendu au mur. Dans les trous de la muraille, on entasse toutes sortes d'objets – sucre, peignes, babouches – ce sont les placards. »

Je questionne les gens du village qui, eux aussi, s'interrogent : ce Michel Vieuchange était-il un espion en mission

de reconnaissance ? Avait-il un lien avec l'état-major français de l'époque ? Pourquoi cette course vers Smara, ce dépassement de soi à tout prix ? Mystères...

Je repars au petit matin, heureux de quitter ce lieu enclavé dans les montagnes. Encore quelques jours et j'atteindrai Smara. Je rejoins Luc Trome, un guide belge qui a installé un « camp bédouin » à environ 60 km d'El-Aiun, en bordure de la sebkha Oum Dba, la « mer de hyènes » – une incroyable étendue de salines où la couche de sel atteint parfois 2 m d'épaisseur. Sur ces anciens fonds marins, on ne trouve plus de hyènes, mais des coquilles fossiles datant d'environ 26 000 ans.

**SMARA : 240 KM**, Tan-Tan : 500 km, Agadir : 750 km... C'est un interminable défilé de bornes kilométriques. Bientôt,

**Déjà en ruine lors du passage de Michel Vieuchange, les arcades de la mosquée de Smara résistent au temps.**

**Au sud-ouest de Tiznit, un berger nomade porte un agneau pour qu'il ne s'éloigne pas du troupeau.**





# OBJECTIF AMSTERDAM

## DES TULIPES ET UN KRACH

il n'y a plus rien que du sable, du goudron et un peu de végétation battue par les vents du Sahara. Le sentiment d'isolement est extrême. La ville surgit soudain au loin tel un mirage. Il me faut franchir un dernier barrage militaire, un dernier contrôle d'identité et j'y suis.

« J'ai vu tes deux kasbas et ta mosquée en ruine. Je t'ai vue tout entière posée sur ton socle, face au désert, déserte, dans le silence, sous l'ardent soleil », écrit Michel Vieuchange, enfin parvenu à destination après deux tentatives et 1 400 km parcourus. Il y restera trois heures à peine, le temps de relever les dimensions de chaque édifice de façon à pouvoir en retracer le plan. Les grandes arcades qu'il a photographiées sont toujours debout, à l'abandon. La ville, cité de garnison, ne possède aucun charme particulier.

L'aventurier a connu la faim, la soif, et n'a trouvé que souffrances dans cette folle expédition. À peine revenu de Smara, victime d'épuisement et de dysenterie, Vieuchange est mort dans les bras de son frère. A-t-il toutefois trouvé ce qu'il cherchait en atteignant cette cité ? Pour ma part, la route a été longue, mais j'éprouve maintenant du détachement par rapport à ma mission initiale.

« Le désert transforme celui qui le parcourt », m'avait prévenu Pierre-Jean. Je m'aperçois désormais que le voyage et la façon de l'entreprendre constituaient peut-être à eux seuls un but. □

**Pourquoi y aller ?** Pour se confronter aux beautés du désert, à ses mystères et à soi-même. En revanche, l'aventure nécessite un guide, choisi soit sur place soit via une agence spécialisée. Chocs émotionnels garantis.

**Quand partir ?** La période idéale se situe entre le début du mois de mars et la mi-avril, lorsque les journées sont plus longues et moins chaudes, et les nuits pas trop froides.

**Où séjourner ?** À Fask, dans La Ferme de Manon, chez Nicole et Pierre-Jean (également guide) : [laferme2manon.com](http://laferme2manon.com)

Dans un camp bédouin près d'El-Aiun, chez Hafida et Luc (guide) : [camp-bedouin-maroc.com](http://camp-bedouin-maroc.com)  
Près d'El-Borj, dans le nouveau camp de La Dune d'or. Infos : [maisonalimouloud@gmail.com](mailto:maisonalimouloud@gmail.com)

OMNIPRÉSENTES AUX PAYS-BAS, les tulipes le sont aussi dans la capitale, Amsterdam. Sur le canal du Singel, impossible de manquer le marché aux fleurs flottant, ou Bloemenmarkt, avec son amoncellement de bulbes et de fleurs. Celles-ci, pourtant, sont à l'origine d'un épisode tragique de l'histoire du pays. Au XVII<sup>e</sup> siècle, alors que la Hollande connaît un essor économique exceptionnel, les bourgeois se prennent de passion pour la tulipe. Des vases pyramidaux de 1 m de haut sont même créés dans les manufactures de Delft pour pouvoir contenir les tiges de la délicate fleur. Importée de Turquie, celle-ci s'échange et se vend à prix d'or. Certains bulbes rares se monnayent plusieurs milliers de florins : dix à quinze fois plus que le salaire annuel moyen d'un ouvrier ! En 1637, cette folie atteint son apogée. Sur trois ans, les prix ont augmenté de près de... 6 000 %. Or, les achats de tulipes reposent sur de la spéculation : les bulbes sont plantés en été et fleurissent au milieu de l'année suivante. Une crise finit par éclater, provoquant un krach boursier et la ruine de plusieurs investisseurs. Aujourd'hui, la « tulipomanie » est considérée comme la première bulle spéculative de l'Histoire. Ce qui n'a toutefois pas empêché les Néerlandais de choisir la tulipe comme emblème de leur pays ! – Sylvia Guirand



DÉCOUVREZ L'HISTOIRE de la capitale des Pays-Bas et des dizaines d'idées de visites dans la nouvelle édition du guide National Geographic Amsterdam. Avec lui, terminées les adresses obsolètes au bout d'un an, finies les mauvaises surprises dues à un changement de propriétaire. Cet ouvrage actualisé propose un accès exclusif à un site Internet dédié et bourré d'adresses testées par TripAdvisor et sa communauté de voyageurs. En un clic, vous aurez ainsi accès aux meilleurs restaurants et hôtels du moment, quelle que soit votre date de départ.

### LA NOUVELLE PEUGEOT 308 ELUE « CAR OF THE YEAR » 2014

Le 3 mars 2014, dans le cadre du 84ème Salon Automobile de Genève, la nouvelle PEUGEOT 308 s'est vu couronnée du prestigieux titre de « Car of the Year » 2014, attribué par un jury de journalistes représentant 22 pays européens. La nouvelle 308 est le 4ème modèle PEUGEOT distingué par le prix « Car of the Year ». Elle succède à la 307 (2002), la 405 (1988) et la 504 (1969). Dès le début du printemps, la nouvelle 308 verra son offre s'enrichir d'une seconde silhouette : la 308 SW, break racé et spacieux qui, comme la Berline, ne reprend de sa devancière que le nom.

[www.peugeot.fr](http://www.peugeot.fr)



### L'INVOSGES, L'AMOUR DU BEAU LINGE

Quand les beaux jours s'installent, broderies travaillées et imprimés balnéaires font rêver de vacances et de longs rivages. Eaux vives : Poissons imprimés sur une percale 100% coton et Escales Indigo : Taie d'oreiller percale 100% coton broderie bateau, finition bourdon bleu.

[www.linvosges.fr](http://www.linvosges.fr)



jet ski, une descente sur la plus grande tyrolienne d'Europe,... Ce coffret, en édition limitée, propose des milliers d'activités pétillantes et étonnantes à vivre seul ou à 2 pour le plus grand bonheur des papas !

[www.wonderbox.fr](http://www.wonderbox.fr)

### I LOVE PAPA BY WONDERBOX

Frissonner, S'étonner, Déguster, Rêver,... le coffret I Love Papa offre plus de 1630 expériences au choix pour faire vibrer la corde sensible de votre papa : un soin relaxant du dos, un cours d'oenologie, partir à l'assaut des vagues sur un



©OT MAROC

### NOUVELLES FRONTIÈRES AU CŒUR DU MAROC

Nouvelles Frontières repousse les frontières de l'Europe et s'immisce en Afrique du Nord, au cœur du Maroc. Destination à la fois proche et dépayante, elle est le pays idéal pour se plonger dans une toute autre culture, à moins de 3h de Paris. Nouvelles Frontières n'a de cesse de renouveler sa production et propose en 2014 de nouveaux circuits au Maroc, hors des sentiers battus. «Des villes impériales aux embruns de l'Atlantique» pour se plonger au cœur des hauts lieux du Maroc. Au programme, la découverte des villes mythiques Rabat, Meknès, Fès et Marrakech, et la visite de Tanger, Tétouan ou encore Chefchaouen. Un circuit complet qui saura satisfaire les voyageurs intéressés par l'histoire et l'urbanisme marocain. A partir de 939 € TTC par personne, base chambre double, en pension complète, pour un itinéraire de 8 jours/7 nuits. Le prix comprend les vols A/R, les hébergements et les repas selon programme. Renseignements et réservations dans les agences Nouvelles Frontières, au 0 825 000 825.

[www.nouvelles-frontieres.fr](http://www.nouvelles-frontieres.fr)

### LEFFE : LES ARTISANS DE L'APÉRITIF

Certaines traditions aiment être bousculées, certains accords aiment être surpris. 2014 sera l'année du savoir-faire, de l'amour du terroir et de la re-découverte de l'apéritif pour Leffe : aux fromages du terroir. L'acidité et l'amertume de la bière subliment habilement le crémeux et le caractère du fromage...



[www.leffe.com](http://www.leffe.com)

L'abus d'alcool est dangereux pour la santé. A consommer avec modération



**1963. Le barrage construit à mains nues** «La structure est érigée par la simple force physique, centimètre par centimètre», peut-on lire sur la légende de cette photo du barrage de Nagarjuna Sagar, sur le fleuve Krishna, en Inde – publiée en mai 1963 dans *National Geographic*. «Environ 125 000 ouvriers suent sang et eau pour bâtir le barrage et les canaux d'irrigation, dit le texte. Des équipes constituées de deux hommes déplacent des rochers de 135 kg sur des rampes en bambou ; des flots ininterrompus de femmes portent des seaux à mortier sur leur tête. En recourant au travail manuel, l'Inde fait l'économie des devises nécessaires pour acheter des machines à l'étranger.» Les travaux ont commencé en 1955 et le site a été mis en service en 1972. Avec 124 m de haut pour 1 km de long, le Nagarjuna Sagar est le plus grand barrage en maçonnerie en fonctionnement dans le monde. — Margaret G. Zackowitz





# Les guides de voyage actualisés en temps réel !

NOUVEAU !



Sur ordinateur ou sur mobile

Retrouvez gratuitement encore plus d'adresses d'hôtels et de restaurants : notre sélection en ligne adaptée à vos envies et à tous les budgets, mise à jour instantanément, avec TripAdvisor.

Découvrez en librairie nos 50 destinations, à partir de 10 € ; ainsi que les modalités de ce nouveau service.

En partenariat avec



la plus grande communauté de voyageurs au monde.

125 ANS DE VOYAGES ET DE DÉCOUVERTES



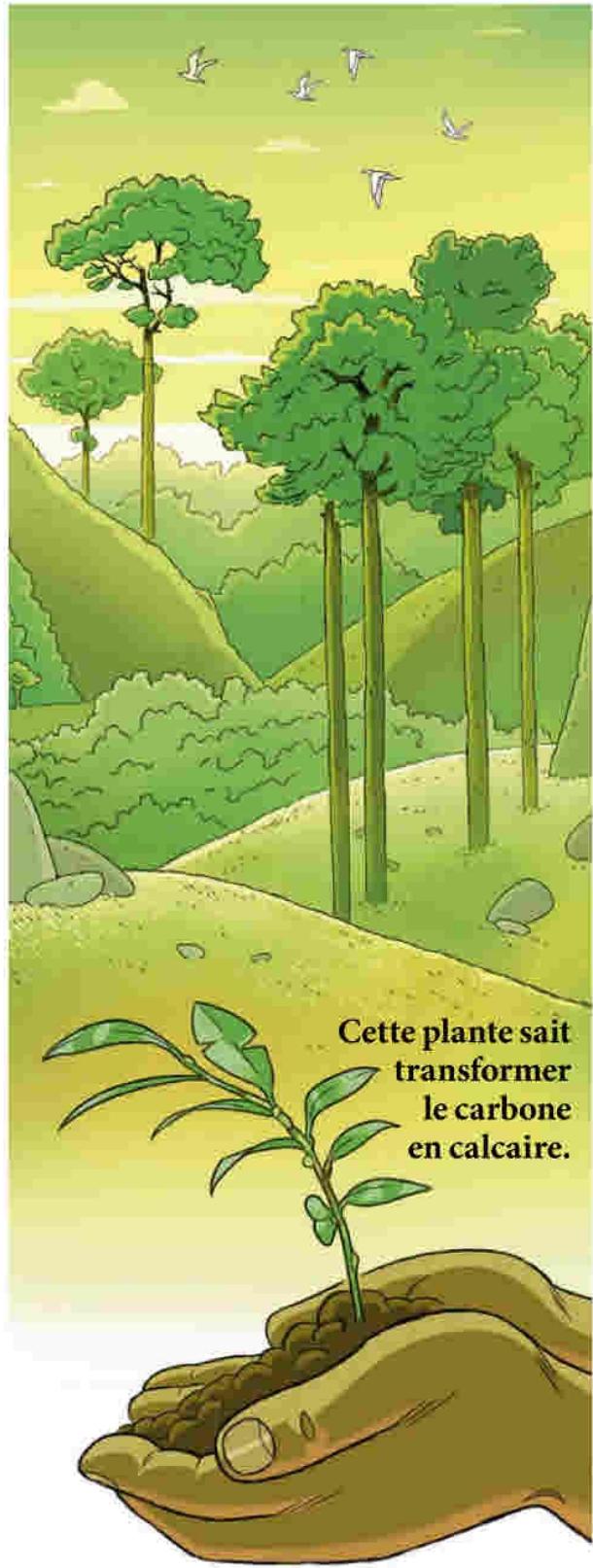
**SPÉCIALITÉ**  
**Biomimétisme**

**LIEU**  
**Haiti**

Touche-à-tout, Daniel Rodary, s'est intéressé à l'écologie, au climat, au pic pétrolier. Pour lui, le biomimétisme a été une révélation : imiter la nature offre une foule de solutions pour bâtir un système durable. En attendant d'y parvenir, il s'est installé en Ardèche, dans un village écoconstruit. Une évidence.

### L'arbre miraculeux de Daniel Rodary

Pour Daniel Rodary, tout est parti d'un constat : certains végétaux peuvent faire le bien. Beaucoup de bien. Cet écologue français de 43 ans travaille pour l'association Biomimicry Europa, spécialisée dans le biomimétisme. Ce domaine de recherches s'inspire de la nature pour créer des solutions durables. En 2010, l'association entend parler des végétaux dits « oxalogènes ». Un gros mot pour une propriété extraordinaire : ces plantes captent le carbone atmosphérique et, avec l'aide de champignons et de bactéries, le transforment en calcaire, piégé dans le sol pour des dizaines de millénaires. Un rêve éveillé d'ingénieur ! En étudiant l'une de ces plantes, la noix-pain (*Brosimum alicastrum*), un arbre d'Amérique latine, Daniel Rodary réalise qu'elle promet bien plus encore. Très nutritives, ses noix peuvent se conserver sèches et s'utiliser en guise de pommes de terre, en farine, dans des sauces ou des boissons. Ses feuilles font un excellent fourrage pour le bétail. *B. alicastrum* pourrait aussi amender l'acidité des sols et les fertiliser. Un arbre miracle ? L'écologue veut en avoir le cœur net. En 2011, il lance le programme « Arbres sauveurs », avec deux associations implantées à Haïti. Objectif : reforester des zones érodées, arides et très isolées. Des paysans sont formés à planter leurs arbres, et des femmes à en cuisiner les noix. Cette nouvelle denrée peu périssable fait figure de prodige. À l'université de Lausanne, Éric Verrecchia, le scientifique à l'origine de la découverte des arbres oxalogènes, suit l'expérience de près. À ce jour, 80 000 plants ont déjà été mis en terre. Dans un à trois ans, ils produiront leurs premiers miracles. – Céline Lison



L'Histoire éclaire le présent

**ca**  
M'INTÉRESSE

# Histoire

EXPLOREZ LE PASSÉ POUR COMPRENDRE LE PRÉSENT

MAI-JUIN 2014 N°24 5,95 €

**VOYAGE DANS LA FRANCE DES ANNÉES 50**

**LES LETTRES CODÉES DE MARIE-ANTOINETTE**

**DEPUIS QUAND ON PROTEGE LA NATURE ?**

**LE JOUR HEURE PAR HEURE PAR CEUX QUI Y ÉTAIENT**

**SEXÉ, GUERRE ET PASSION LES DIEUX GRECS**

**NOUVEAU**

Disponible sur [www.prismashop.fr](http://www.prismashop.fr)  
le kiosque officiel de Ça m'intéresse Histoire

Et sur votre tablette



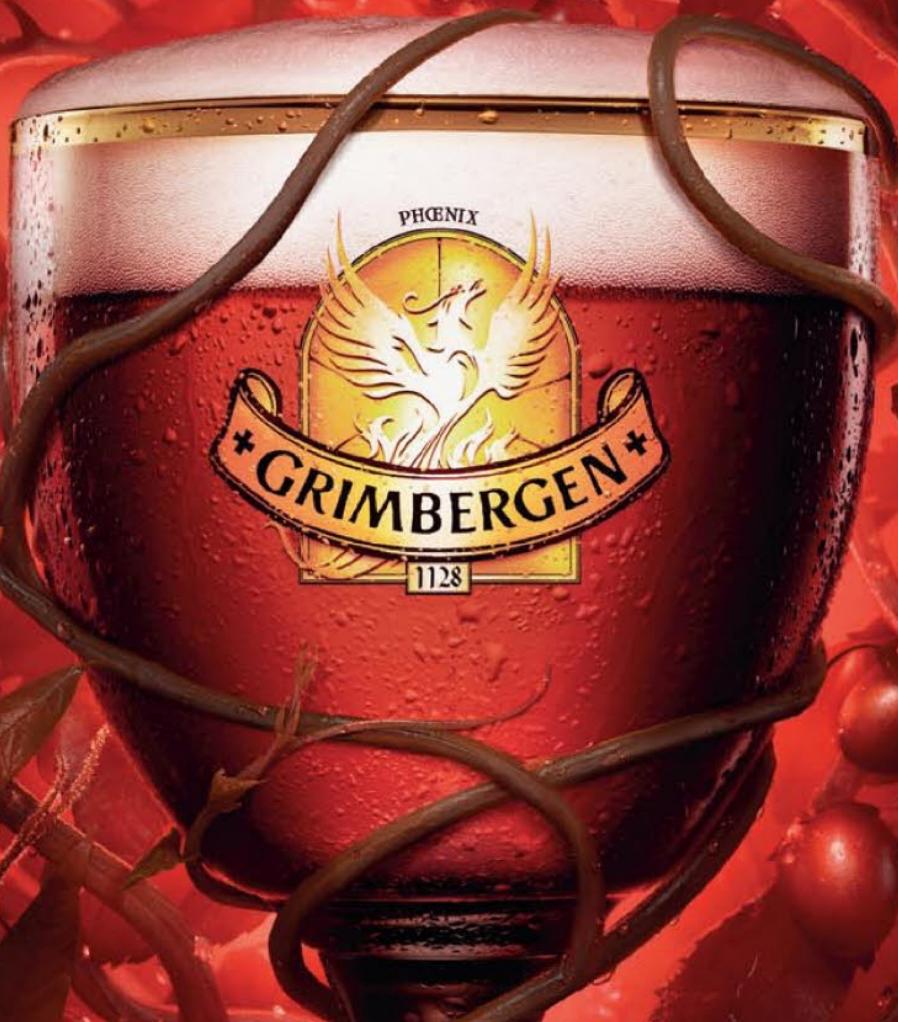
Télécharger dans  
l'App Store



DISPONIBLE SUR  
Google play



+ L'INTENSITÉ  
D'UNE LÉGENDE\*



1128

+ GRIMBERGEN +  
BIÈRE D'ABBAYE - ABDIJBIER

ROUGE

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.