



HAL
open science

L'eau sur le site d'Alésia : la contrainte hydrogéologique lors du siège de 52 av. J.-C.

Jonhattan Vidal, Christophe Petit

► To cite this version:

Jonhattan Vidal, Christophe Petit. L'eau sur le site d'Alésia : la contrainte hydrogéologique lors du siège de 52 av. J.-C.. *Revue archéologique de l'Est*, 2010, 59 (1), pp.241-263. halshs-00565818

HAL Id: halshs-00565818

<https://shs.hal.science/halshs-00565818v1>

Submitted on 14 Feb 2012

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

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

L'EAU SUR LE SITE D'ALÉSIA : LA CONTRAINTE HYDROGÉOLOGIQUE LORS DU SIÈGE DE 52 AV. J.-C.

Jonhattan VIDAL*, Christophe PETIT**

Mots-clefs *Alésia, armée romaine, eau, environnement, fortification, Gaule, Guerre des Gaules, hydrogéologie, Mont-Auxois, nappe aquifère, oppidum, siège, source.*

Keywords *Alésia, environment, fortification, Gaul, Gallic war, groundwater, hydrogeology, Mount Auxois, oppidum, siège, springs, Roman army, water.*

Schlagwörter *Alésia, römische Armee, Wasser, Umwelt, Befestigung, Gallien, Gallischer Krieg, Hydrogeologie, Mont-Auxois, wasserführender Horizont, Oppidum, Belagerung, Quelle.*

Résumé *Le Mont-Auxois, lieu du siège d'Alésia, a fait l'objet d'une étude de terrain destinée à définir les contraintes naturelles du milieu d'un point de vue hydrogéologique. Nous abordons, à partir des connaissances archéologiques et historiques, l'influence de cet environnement lors d'une situation exceptionnelle comme celle de 52 av. J.-C. Une quantification de l'eau disponible en période estivale, associée aux connaissances sur les positions des belligérants lors du siège, nous informe plus précisément sur l'organisation des adversaires vis-à-vis de l'approvisionnement et de la gestion en eau au sein de leurs retranchements respectifs.*

Abstract *Mount Auxois, the theatre of operations during the siege of Alesia, was the object of a field study aimed at defining the area's natural hydraulic barriers. By combining archaeological and historical knowledge, the influence of this environment during a crisis situation such as that of 52 BC was evaluated. Quantification of the water available during the summer months, together with knowledge of the positions occupied by the opposing forces during the siege, provided more detailed information as to how the warring factions organised water supply and water management within their respective entrenchments.*

Zusammenfassung *Der Mont-Auxois, Ort der Belagerung Alésias, war Gegenstand einer Feldstudie, die zum Ziel hatte, die hydrogeologischen Verhältnisse des Ortes zu definieren. Wir gehen von den archäologischen und historischen Erkenntnissen aus, um herauszufinden, welchen Einfluss diese Umweltbedingungen in einer außergewöhnlichen Situation, wie sie beispielsweise 52 v. Chr. vorlag, ausgeübt haben können. Eine Quantifizierung des in den Sommermonaten zur Verfügung stehenden Wassers, verknüpft mit den Kenntnissen über die Positionen der kriegführenden Parteien vermittelt uns eine genauere Vorstellung von der Organisation der Gegner hinsichtlich der Versorgung und der Nutzung der Wasserressourcen in den jeweiligen Verschanzungen.*

L'occupation humaine sur le Mont-Auxois (Côte-d'Or), plateau naturellement protégé par des falaises, est attestée depuis le Néolithique. Les travaux

archéologiques menés depuis le milieu du XIX^e siècle ont permis une bonne connaissance des installations anthropiques sur cette commune d'Alise-Sainte-Reine.

* Doctorant, UMR 5594 ARTeHIS CNRS, Université de Bourgogne, Dijon. Jonhattan.vidal@wanadoo.fr

** Maître de conférences, UMR 5594 ARTeHIS CNRS, Université de Bourgogne, Dijon. Christophe.petit@u-bourgogne.fr



Fig. 1. Vue aérienne du site d'Alésia vers l'est, avec position des rivières et des sources de l'aire visible.
Cliché du fond : R. Goguey, vol du 10.12.1995.

La mise en évidence de fortifications de siège de typologie tardo-républicaine autour du Mont-Auxois et l'identification d'un camp occupé par Titus Labienus ; la présence lors de ces événements d'une coalition gauloise à forte proportion d'Arvernes¹ ; la découverte du plus grand arsenal antique retrouvé en Europe, sont quelques-uns des éléments de la démonstration scientifique qui a conduit à l'identification du site comme celui du siège d'Alésia (NAPOLÉON III, 1866 ; LE GALL, 1989 ; REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001 ; REDDÉ, 2003).

Afin de bien comprendre une situation militaire comme celle-ci, connaître l'environnement du siège est essentiel. Si la publication originale concernant l'aspect environnemental du lieu est due à l'étude de la région par J.-J. Collenot en 1873 (COLLENOT, 1873), c'est l'abbé Joly (1966) qui a réalisé les premiers relevés géologiques du Mont-Auxois. Ils ont été affinés par la suite lors de la réalisation de la carte du BRGM au 1/50 000 (JACQUIN, THIERRY, 1990). Les formations

1. Et en présence de Vercingétorix, selon notamment le témoignage que représentent les monnaies obsidionales.

superficielles ont été identifiées par ce même abbé quand il définit le système géomorphologique de base de corniche (JOLY, 1968) : ces blocs effondrés le long des versants du Mont-Auxois ont ensuite fait l'objet d'une cartographie précise (PETIT, 1989). Le contexte environnemental du siège a été plus spécifiquement étudié lors des recherches franco-allemandes de 1991 à 1997 sur les travaux césariens (PETIT, 2001), mais le fonctionnement hydrogéologique n'y a été abordé que succinctement. Cet élément revêt pourtant un intérêt tout particulier concernant la relation de l'homme à son environnement. La question de l'approvisionnement en eau en fonction des contraintes naturelles auxquelles ont été confrontés les hommes est un point capital dans une situation comme celle du siège de 52 av. J.-C.

Même si le cycle hydrologique n'est pas connu durant l'Antiquité puisque c'est Bernard Palissy qui le premier l'esquissera en 1580 dans son « Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles » (AUDIAT, 1868), dès le premier siècle av. J.-C. Vitruve explique la formation des sources par la pénétration dans le sol des eaux de pluie,

considérant déjà qu'elles sont arrêtées par une « couche de pierre ou d'argile » (VITRUVÉ, VIII, I, 2). Un siècle plus tard, Pline indique bien que l'eau se mêle à la terre et que son tracé est complexe (PLINE, II, 66). Ces données hydrogéologiques empiriques seront reprises plus tardivement par Palladius, qui précise qu'« il faut examiner la nature du terrain pour pouvoir juger de la quantité et de la qualité des eaux » (PALLADIUS, IX, 8). Quelles que soient les hypothèses émises sur la nature et l'origine des eaux souterraines, elles sont très tôt exploitées (puits, captage...) (VIOLLET, 2005) et font l'objet, en particulier dans le monde romain, de nombreux travaux (GROS, 1996; ADAM, 2008). D'un point de vue militaire, l'accès à l'eau est souvent abordé dans les traités et récits antiques, et en ce qui concerne la Guerre des Gaules, César le confirme en particulier par la stratégie employée à *Uxellodunum* (*infra*: partie II).

À propos des connaissances relatives au siège, outre la multitude d'informations obtenues par les recherches archéologiques, une source irremplaçable réside dans l'écrit contemporain de la Guerre des Gaules par un acteur même des événements : le *De bello Gallico* de Jules César. Il s'agit du point de vue du vainqueur, sa lecture nécessite donc d'être considérée avec discernement. Cet ouvrage nous apporte toutefois un éclairage précieux sur l'organisation de l'armée romaine et le déroulement du siège. La question de la gestion de l'eau a été abordée dans un article de Joël Le Gall (1987) qui s'interroge sur le sort des assiégés, mais en quelques pages l'auteur ne fait que donner un aperçu des lieux de disponibilité en eau du Mont-Auxois, sans quantification ni observation des variations de débit. Avant toute réflexion sur la situation des hommes face à la ressource en eau lors du siège de 52 av. J.-C., il est indispensable de connaître précisément le fonctionnement de l'hydrosystème du Mont-Auxois, et donc d'identifier les différentes nappes phréatiques et de quantifier le débit des sources qui en sont issues.

Nous présentons ici les résultats des repérages sur le terrain des sources et des mesures de débits. Ils permettent de comprendre les contraintes que pose la répartition des ressources en eau sur le site. Dans un second temps, s'appuyant sur ce modèle hydrogéologique actuel, le réexamen des vestiges archéologiques permet d'appréhender le rôle que ces contraintes hydrologiques ont pu jouer dans une situation exceptionnelle en densité de population et de confinement. Quel fut le rôle de l'eau dans la répartition des effectifs et l'organisation des belligérants au sein des fortifications ?

I. LES CONTRAINTES NATURELLES

I.1. GÉOLOGIE ET CLIMAT

Le Mont-Auxois (407 m) et les plateaux d'altitudes équivalentes de son entourage immédiat – la montagne de Flavigny, le mont Penneville, la montagne de Bussy et le mont Réa – appartiennent à la région du « haut-Auxois ». Appelée également « Auxois des plateaux », elle est constituée de tables calcaires en lanières orientées NW-SE dominant d'étroites vallées aux pentes marneuses incisées par les cours d'eau. Au pied du Mont-Auxois, seulement relié au plateau par le col du Penneville, s'écoulent en direction de l'ouest les deux rivières responsables de son isolement, l'Oze au nord et l'Ozerain au sud. En aval, la plaine alluviale s'élargit, atteignant près de 4 km (fig. 1).

Cette région est soumise à un climat intermédiaire entre le climat océanique et le climat semi-continentale de latitudes tempérées (MARCEAUX, TRABOULOT, 1994). Les températures, basses pendant l'hiver avec une moyenne du mois le plus froid à 2 °C, sont moyennes à fortes en été avec une moyenne du mois le plus chaud à 18 °C. La pluviométrie moyenne annuelle dans ce secteur est de 850 mm. Sur les 97 ha du plateau l'apport annuel d'eau correspond ainsi à un volume moyen de 824 000 m³.

Bien définir la lithologie est essentiel car c'est la série stratigraphique qui détermine le fonctionnement des réservoirs hydrogéologiques. La géologie générale du site est constituée d'une dominante de marnes liasiques dans les vallées, surmontées de faciès calcaires sur les plateaux (fig. 2 et 3).

Le substrat des vallées alluviales est formé des marnes micacées du Carixien et du Domérien. La base des pentes des vallées est constituée sur plus de 100 m d'épaisseur de marnes du Lias et à mi-pente affleurent 10 m de calcaire argileux à *Gryphea Gigantea* du Domérien. Ces derniers sont surmontés par des argiles calcaires toarciennes de 40 à 50 m d'épaisseur. Au-dessus, la série calcaire du Jurassique moyen détermine les falaises de près de 40 m qui ceinturent le Mont-Auxois. Ce niveau bajocien moyen se présente sous la forme d'un calcaire orangé à entroques en partie inférieure, surmonté de calcaires à polypiers. Sur le plateau, des marnes à *Ostrea Acuminata*, dont le taux d'argile atteint 65 %, revêtent un faciès plus calcaire sur quelques intercalations ; elles sont d'une épaisseur maximale de 10 m. Enfin, la série lithologique du sommet est franchement calcaire, constituée de calcaires argileux et hydrauliques bathoniens, sur des épaisseurs de 5 à 20 m selon la topographie.

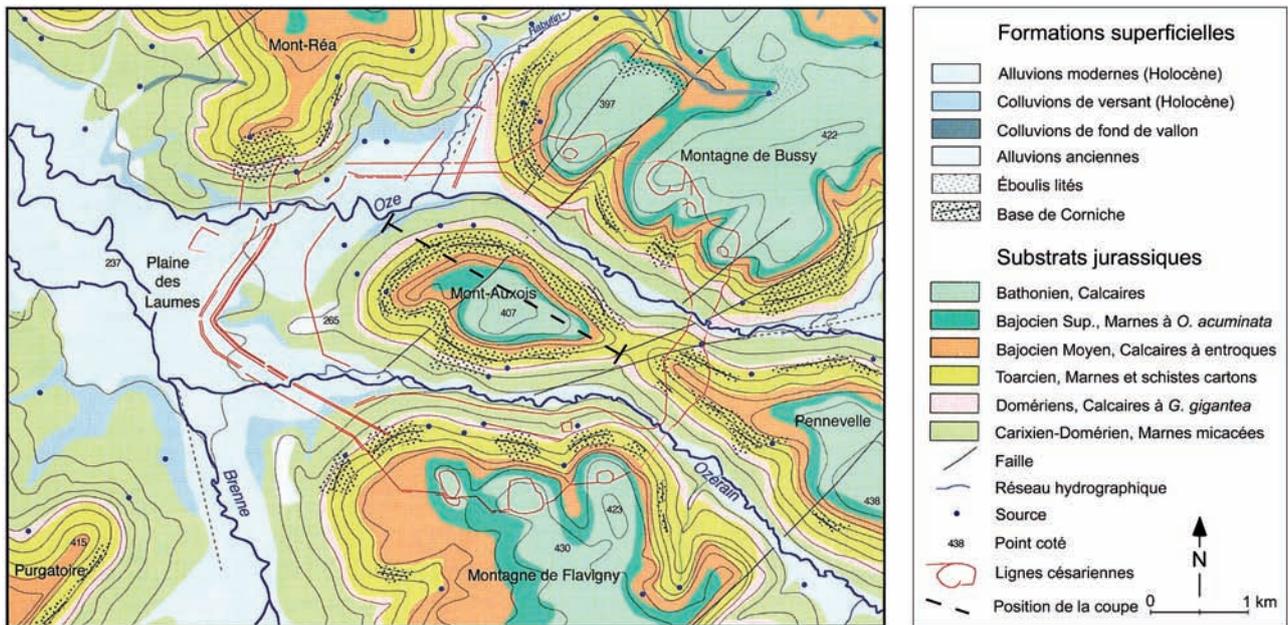


Fig. 2. Carte géologique du site d'Alésia. C. Petit 2001.

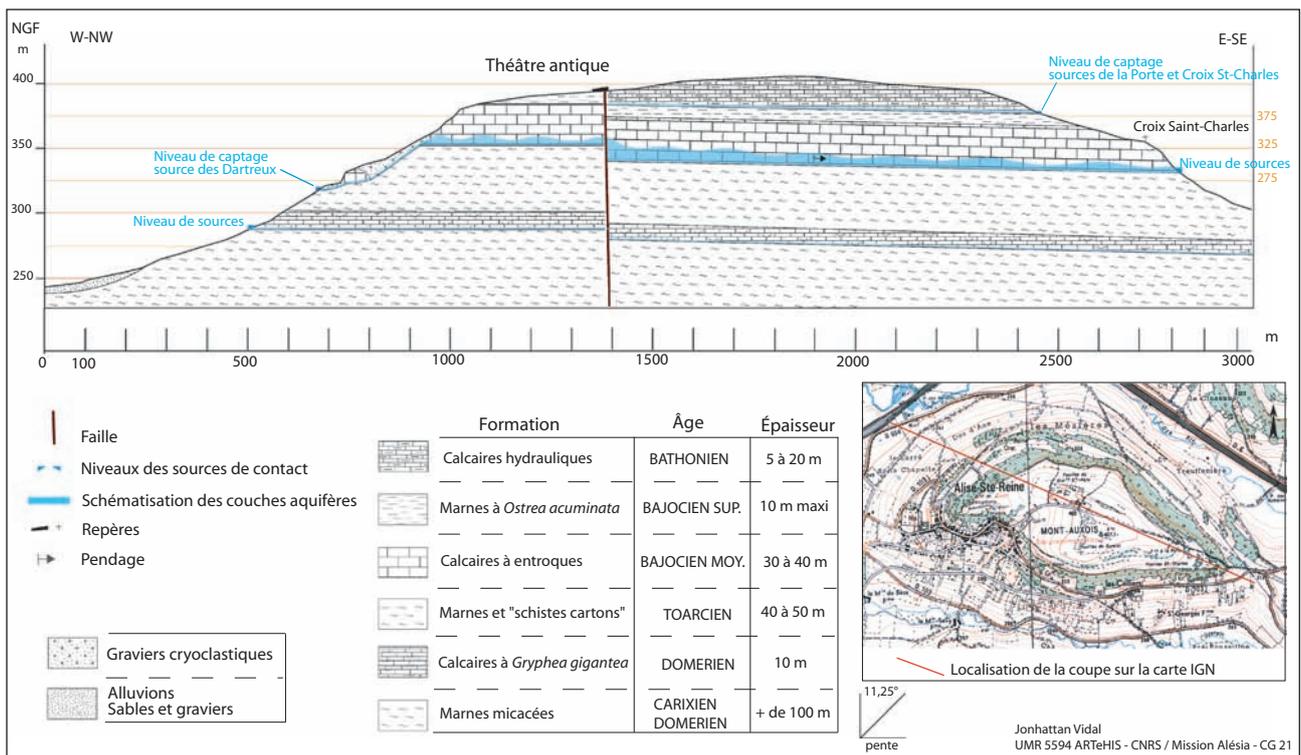


Fig. 3. Coupe géologique du Mont-Auxois.

La série géologique présente un pendage général de 1-2° vers le nord-ouest; sur le Mont-Auxois, une faille d'orientation SW-NE abaisse d'environ 10 m la partie orientale du plateau.

Ce substratum géologique est recouvert par des sols quaternaires peu épais et par endroits par des sys-

tèmes de bases de corniche (JOLY, 1968); des blocs plus gros, détachés du plateau calcaire, forment des ressauts sur la pente. Leur glissement détermine en aval un bourrelet de marnes et peuvent retenir en amont des graviers cryoclastiques.

I.2. LES RESSOURCES EN EAU, LE FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTÈME

I.2.1. *Eaux superficielles*

Deux cours d'eau, en tête du bassin hydrographique de la Seine, s'écoulent au pied du Mont-Auxois : l'Ozerain et l'Oze, affluents de la Brenne. Ces rivières comme leurs affluents présentent une nappe alluviale reposant sur les niveaux marneux du Toarcien. Les affluents sont représentés par une série de petits ruisseaux permanents rive gauche et souvent temporaires rive droite. Les débits² spécifiques³ de ces rivières sont respectivement de 8 et 13 l.s⁻¹.km⁻² d'apport moyen annuel en fond de vallée. Bien que les étiages soient parfois très sévères, ces deux sous-affluents de la Seine ne sont jamais asséchés puisqu'ils coulent sur les marnes liasiques. Ainsi l'Oze, d'un débit moyen en février de 5,21 m³.s⁻¹, ne délivre que 0,60 m³.s⁻¹ en septembre, ce qui représente quelques décimètres dans le lit du cours d'eau, dont la largeur n'excède alors pas une dizaine de mètres. Toutefois l'Oze est une rivière abondante : la lame d'eau écoulée est de 394 mm annuellement, soit près de la moitié des précipitations tombées sur son bassin versant.

I.2.2. *Eaux souterraines*

Directement liées à la pluviométrie, les sources de la région sont considérées par les agriculteurs du haut-Auxois comme des « sources folles », qui se multiplient à l'occasion des fortes précipitations. En effet, lors des pluies importantes, les ruissellements sont conséquents du fait de la faible perméabilité des marnes liasiques et bajociennes (1,5.10⁻⁸m.s⁻¹ ; BETURE, CEREC, 2003). Si une bonne proportion de l'eau alimente directement les rivières par des écoulements superficiels et des sources ponctuelles, une grande part de l'apport hydrique s'infiltré dans le sous-sol. Les écoulements souterrains sont alors déterminés par la géométrie de la série géologique, l'organisation du substrat conduisant à la répartition des sources pérennes sur les flancs de colline.

L'alternance des couches calcaires et marneuses du substrat crée trois niveaux de nappes aquifères et par

conséquent trois niveaux de sources sur les flancs du Mont-Auxois (fig. 3).

L'eau qui s'infiltré dans le calcaire sommital est retenue par le niveau imperméable des marnes à *Ostrea Acuminata*. Cette première barrière hydrologique détermine un niveau aquifère à la base du calcaire sus-jacent. Un niveau de source de débit faible et irrégulier est issu de cette nappe. Il se situe exclusivement à l'est du plateau, au contact marnes/calcaire, en raison du pendage général des couches de sa partie orientale.

Ces marnes bajociennes constituent toutefois un niveau imparfaitement imperméable et les eaux peuvent s'infiltrer dans les calcaires à entroques sous-jacents. La circulation de l'eau dans les calcaires à entroques est facilitée par une stratification régulière et une karstification marquée comme cela est observable dans l'ancienne carrière, dite du Théâtre des Roches. Cette bonne infiltration conduit à un étiage fort en été. Ces infiltrations sont retenues à la base du calcaire bajocien par le niveau de marnes du Toarcien très imperméables. Les sources sourdent parfois plus bas dans les zones d'éboulis de pied de falaise.

Le niveau des calcaires argileux à *Gryphea Gigantea* du Domérien joue quant à lui un rôle hydrogéologique très modeste. Peu épais et peu fracturés, ses affleurements, restreints de surcroît, sont surmontés par des formations marneuses importantes. En conséquence ils sont mal alimentés et fonctionnent comme drains des marnes toarciennes ; ils fournissent quelques sources de débit régulier mais faible ; souvent il ne s'agit que de suintements.

La nappe alluviale, qui circule dans les graviers alluviaux en fond de vallée, peut être exploitée par puits peu profonds, comme cela est actuellement le cas pour l'alimentation de la ville de Venarey-les-Laumes.

I.2.3. *Stabilité du système hydrogéologique*

*Les sources*⁴

Les circulations hydrogéologiques du Mont-Auxois fonctionnent selon un système stable. L'emplacement des sources antiques et historiques obtenu d'après les indices archéologiques et archivistiques (fig. 4) met en évidence la stabilité du système au cours des deux derniers milliers d'années. La source dite de la Croix-Saint-Charles (31), captée encore aujourd'hui, est attestée archéologiquement par la présence d'un sanctuaire comportant des systèmes de canalisation. Le sanctuaire, en activité au

2. Données calculées sur 17 ans : <http://www.hydro.eaufrance.fr/presentation/procedure.php>.

3. Rapportés au bassin versant, exprimés en l.s⁻¹.km⁻² (litres par seconde par kilomètre carré). Les unités sont données en notation scientifique, soit y.x⁻¹ = y par x ; y.x⁻² = y par x².

4. Les noms de sources sont suivis d'un numéro faisant référence à leur position sur la figure 5.

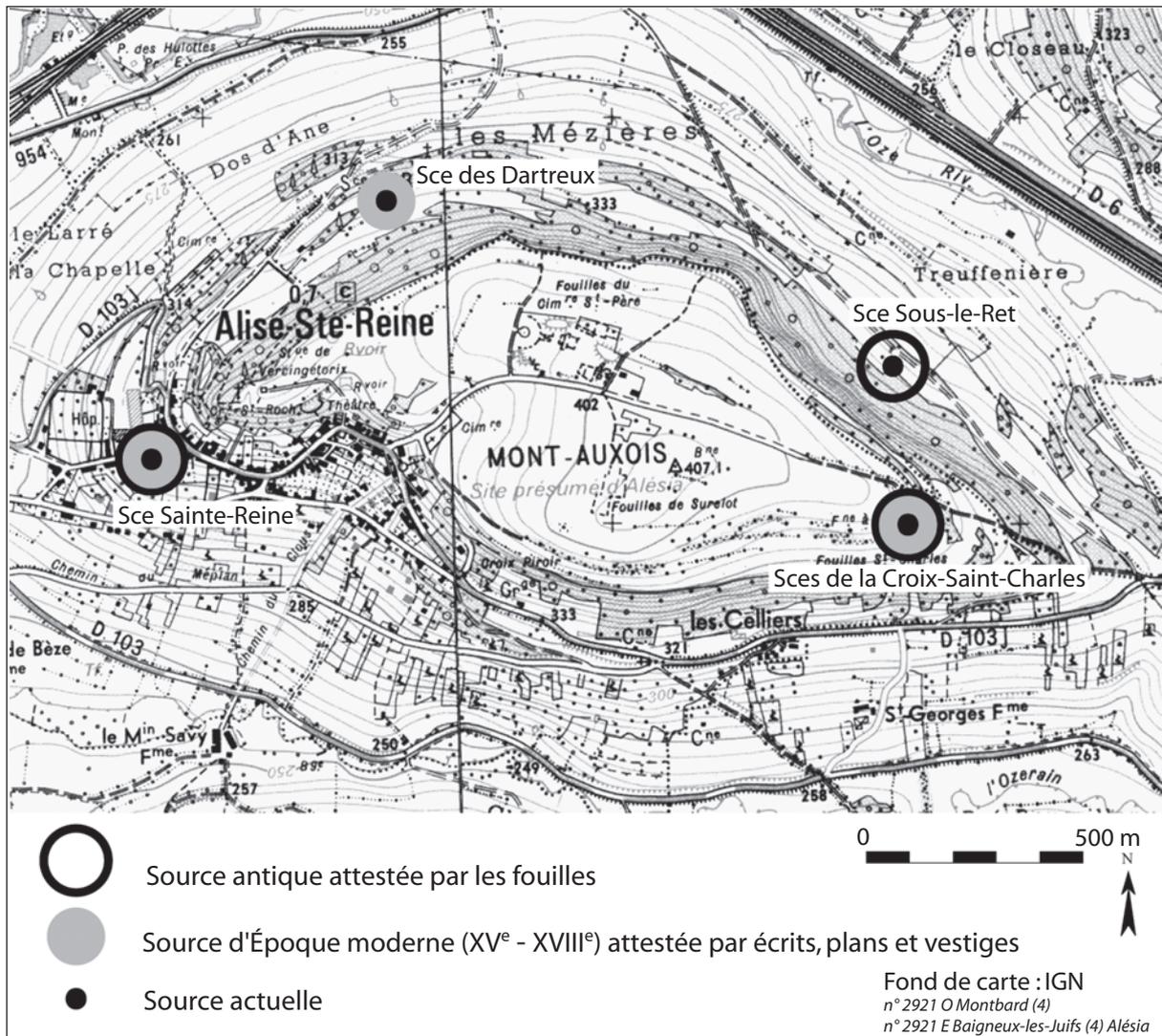


Fig. 4. Emplacements des sources selon les indices archéologiques et historiques.

plus tard depuis le début de l'Empire, est fréquenté tout comme les thermes en contrebas jusqu'à la fin du IV^e siècle (LE GALL, 1990). Initialement fouillé par É. Espérandieu de 1909 à 1912, le site a été remis au jour par les investigations d'O. de Cazanove depuis 2008 (CAZANOVE *dir.*, 2009). D'autres sources semblent présenter des vestiges d'utilisation antique : c'est le cas des sources de Sous-le-Ret (6) et de Sainte-Reine (26) (PERNET, 1916). Enfin, plusieurs sources aménagées et utilisées à l'époque moderne ont conservé le même emplacement : Sainte-Reine (26), Dartreux (5), Croix-Saint-Charles (31).

Les sources en pied de corniches

Les sources qui ne sourdent pas immédiatement en zone d'interface mais en pied d'éboulis, en particulier au pied des bases de corniche effondrées du calcaire

à entroques, pourraient paraître moins stables dans le temps. Si les blocs de bases de corniche peuvent glisser légèrement lors de forts changements climatiques, ces mouvements restent exceptionnels et rares, à l'exception de l'écroulement de Grenant-lès-Sombernon en 1620 (BARASTIER, 1982) ; sur le Mont-Auxois, il n'a pas été repéré de chute ou mouvement important de base de corniche au cours de l'Holocène, ces mouvements étant exclusivement associés aux périodes glaciaires quaternaires (PETIT, 1989). Ainsi, les sources actuelles issues de ces bases sont, sinon exactement à l'emplacement, du moins très près des lieux des sources antiques.

Les puits

Plus d'une trentaine de puits ont été fouillés lors des recherches effectuées depuis 1906 sur la ville gallo-

romaine située sur le plateau. D'un strict point de vue géologique la reprise de ces données conduit à obtenir une série de sondages dont on connaît la nature des parois. L'étude de l'implantation de ces puits dans le substrat a mis en évidence un fonctionnement basé sur l'exploitation du niveau aquifère supérieur, situé entre 5 et 20 m sous la surface, à la base du calcaire bathonien et au sommet des marnes bajociennes (VIDAL, 2008). Quelques rares puits sont profonds de 7 m dans des zones où la nappe est située à 15-20 m de profondeur. Ces puits n'atteignent pas le niveau aquifère mais ont pour issue un niveau argileux compris dans le calcaire hydraulique. En effet, le calcaire bathonien du plateau du Mont-Auxois comprend des intercalations argileuses, ces zones imperméables créant des niveaux aquifères locaux. La présence d'eau dans ces puits lors des fouilles (MANGIN, 1981) et donc la pérennité de nappes perchées qui peuvent être éphémères, témoignent d'une relative similarité dans le fonctionnement hydrologique et la pluviométrie sur le Mont-Auxois entre l'Antiquité et nos jours.

1.2.4. Débits

Bilan

Les sources, issues de contacts géologiques différents, appartiennent à l'un des trois niveaux décrits précédemment. Pour mesurer les débits des sources de l'ensemble de l'aire d'étude (fig. 5), deux périodes ont été choisies dans l'année afin d'obtenir un ordre de grandeur de la valeur de ces débits et de leur variabilité saisonnière : début avril, après les pluies lorsque le débit est le plus fort, et au mois d'août en période d'étiage. Ces mesures ont été effectuées par chronométrage de la durée de remplissage d'un contenant étalonné. Les valeurs données, précises à $\pm 10\%$, correspondent à une moyenne sur trois mesures effectuées le même jour. Pour chaque période l'ensemble des sources a été évalué sur une semaine, en l'absence de variation pluviométrique (fig. 6).

Le niveau aquifère du Bathonien s'écoule au niveau de la Croix-Saint-Charles en plusieurs sources de contact : la source du Cloutier (32), celle de la Porte (31), et différentes veinules regroupées par une galerie drainante mise en place pour l'alimentation de l'hôpital Sainte-Reyne en 1672⁵ (fig. 7). Ce niveau

produisait $71,7 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ lors de son débit haut en 2008, et $24,2 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ en août.

Le niveau d'eau le plus conséquent est celui de la base du calcaire bajocien. Ce niveau aquifère s'écoule par de nombreuses sources sur le pourtour du Mont-Auxois : Perrière (27), Gravotte (29), les Celliers (23), Sous-le-Ret (6), la Glissière (30), Sainte-Reine (26)... ; en cumulé, il produit $492,9 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ en débit haut, pour $126,3 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ en période d'étiage. Il est à noter qu'au sein du même aquifère, du côté ouest de la faille, les débits sont proportionnellement plus importants que ceux des sources situées à l'est ; à l'ouest, la série bajocienne n'est pas surmontée par un niveau bathonien, ainsi elle n'est pas privée d'une part d'eau retenue par un niveau supérieur. L'eau sourd le plus fortement à la source des Dartreux (5), au pied des éboulis d'une longue base de corniche. Cette source, qui alimente l'hôpital d'Alise depuis 1685, est partiellement captée à l'aide d'une galerie drainante de 80 m qui s'enfonce dans les éboulis de la falaise de calcaires bajociens (fig. 8).

Le niveau du Domérien, quant à lui, suinte en plusieurs endroits comme les Mézières, la Chapelle ou Saint-Georges, pour un débit total stable d'environ $20 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$.

Les variations de débit

L'expression de l'équilibre hydrologique du Mont-Auxois peut s'exprimer selon ce bilan d'eau : $P = ETR + QS + QW \pm \Delta W$ (d'après CASTANY, 1998). P , précipitations ; ETR , évapotranspiration réelle et consommation végétale ; QS , débit du ruissellement de surface ; QW , débit de l'écoulement souterrain (sources) ; ΔW , différence de réserve.

La gamme de débit des sources en hiver s'étend de $1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ à $504,6 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$. Celle des variations saisonnières est également étendue, les coefficients d'étiage allant de 1 pour les sources sans variation à 11,4 pour les plus sensibles (Sous-le-Ret 6). La confrontation des débits d'hiver et des débits d'été en fonction d'une échelle logarithmique (fig. 9) met en relief une distribution différentielle selon l'origine des nappes phréatiques. Les sources domériennes présentent un débit faible mais régulier (3, 4, 24, 9, 22). À l'opposé, les sources bathoniennes des buttes périphériques du Mont-Auxois présentent des débits élevés, souvent supérieurs à $100 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$. Leur régularité s'explique probablement par des recharges de la nappe à longue distance. En revanche les sources bathoniennes du Mont-Auxois, situées au-dessus de la Croix-Saint-Charles, subissent des étiages plus forts. En ce qui concerne les sources de pieds de

5. Ce système, toujours opérationnel, n'est plus en activité pour des raisons de pollution du niveau : une trop forte concentration en nitrates et perfringens du fait d'épandages agricoles de fumier durant le XIX^e et le début du XX^e siècle.

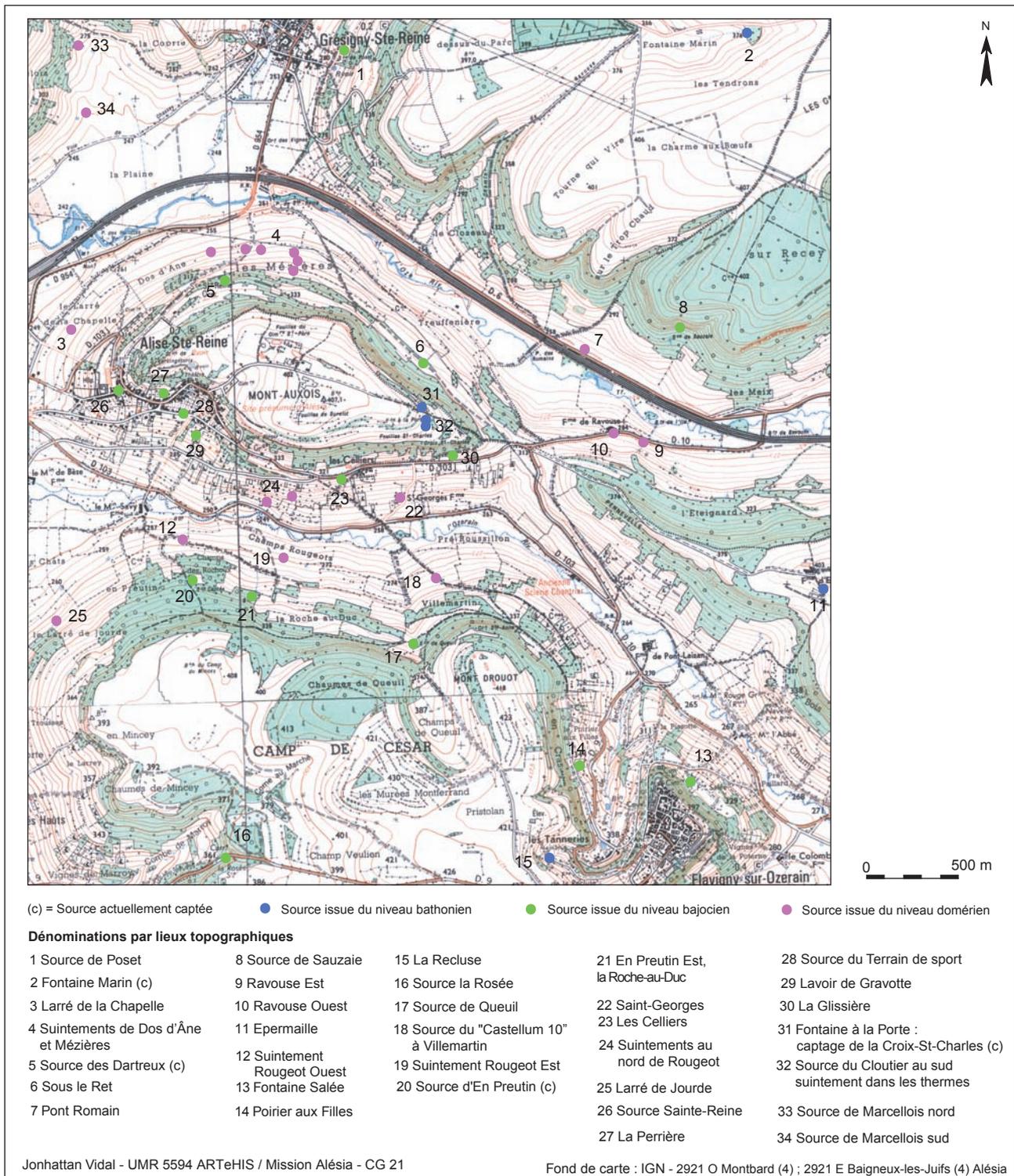


Fig. 5. Localisation des sources de l'aire d'étude.

falaises (bajociennes), la gamme de débit est grande et soumise à des étiages très variables. Par exemple la source des Dartreux (5) a un débit qui va du simple au double entre l'été et l'hiver, quand celle de Sous-

le-Ret (6) voit sa production hivernale représenter plus de dix fois son débit d'été.

En fin de période de pluies, le mois de mars 2008 présentait une pluviométrie mensuelle de 120 mm,

Niveau géologique	N°	Nom	Classe Été	Débit Avril 2008 Hautes eaux		Débit Août 2008 Basses eaux		Coef. étiage
<i>Sur l'oppidum</i>								
Calcaire Bathonien	31	Captage à la porte Croix Saint-Charles	2	0,63 l.s ⁻¹	54,4 m ³ .j ⁻¹	0,28 l.s ⁻¹	24,2 m ³ .j ⁻¹	2,2
Calcaire Bathonien	32b	Thermes Croix Saint-Charles	1	∅		0,1 l.s ⁻¹	0,0 m ³ .j ⁻¹	
Calcaire Bathonien	32a	Cloutier Croix Saint-Charles	2	0,20 l.s ⁻¹	17,2 m ³ .j ⁻¹	∅		
Calcaire Bajocien	23	Les Celliers	2	1,02 l.s ⁻¹	88,1 m ³ .j ⁻¹	0,16 l.s ⁻¹	13,8 m ³ .j ⁻¹	6
Calcaire Bajocien	5	Dartreux	3	2,64 l.s ⁻¹	228,1 m ³ .j ⁻¹	1,01 l.s ⁻¹	86,4 m ³ .j ⁻¹	2,6
Calcaire Bajocien	30	Glissière	1	0,015 l.s ⁻¹	1,3 m ³ .j ⁻¹	0,003 l.s ⁻¹	0,3 m ³ .j ⁻¹	5
Calcaire Bajocien	29	Gravotte	0	0,44 l.s ⁻¹	38,0 m ³ .j ⁻¹	0 l.s ⁻¹	0,0 m ³ .j ⁻¹	
Calcaire Bajocien	27	Perrière	2	∅		∅		
Calcaire Bajocien	26	Sainte-Reine	1	0,06 l.s ⁻¹	5,2 m ³ .j ⁻¹	0,026 l.s ⁻¹	2,2 m ³ .j ⁻¹	2,32
Calcaire Bajocien	6	Sous le Ret	1	1,29 l.s ⁻¹	111,5 m ³ .j ⁻¹	0,113 l.s ⁻¹	9,7 m ³ .j ⁻¹	11,4
Calcaire Bajocien	28	Terrain de sport	2	0,24 l.s ⁻¹	20,7 m ³ .j ⁻¹	0,16 l.s ⁻¹	13,8 m ³ .j ⁻¹	1,5
Calcaire Domérien	22	Saint-Georges	2	≈ 0,09 l.s ⁻¹	8,0 m ³ .j ⁻¹	0,09 l.s ⁻¹	8,0 m ³ .j ⁻¹	1
Calcaire Domérien	3, 4, 24	8 Larrés (Chapelle Mézières, etc.)	1	≈ 8 x 1,5 m ³ .j ⁻¹	12,0 m ³ .j ⁻¹	≈ 8 x 1,5 m ³ .j ⁻¹	12,0 m ³ .j ⁻¹	1
		Total en m³			584,6 m³.j⁻¹		170,5 m³.j⁻¹	3,5

Zones des fortifications romaines

Calcaire Bathonien	11	Epermaille	3	1,16 l.s ⁻¹	100,2 m ³ .j ⁻¹	0,97 l.s ⁻¹	83,8 m ³ .j ⁻¹	1,2
Calcaire Bathonien	2	Fontaine Marin	3	∅		∅		1 à 2
Calcaire Bathonien	15	La Recluse	4	5,84 l.s ⁻¹	504,6 m ³ .j ⁻¹	4,6 l.s ⁻¹	397,4 m ³ .j ⁻¹	1,27
Calcaire Bajocien	17	Queuil	3	5,43 l.s ⁻¹	469,4 m ³ .j ⁻¹	2,1 l.s ⁻¹	182,0 m ³ .j ⁻¹	2,58
Calcaire Bajocien	8	Sauzaie	4	5,77 l.s ⁻¹	498,5 m ³ .j ⁻¹	3,37 l.s ⁻¹	292,1 m ³ .j ⁻¹	1,7
Calcaire Bajocien	20	En Preutin	2	0,35 l.s ⁻¹	30,0 m ³ .j ⁻¹	0,18 l.s ⁻¹	15,0 m ³ .j ⁻¹	2
Calcaire Bajocien	21	Rochoux (Est d'en Preutin)	2		≈ 20,0 m ³ .j ⁻¹		≈ 10 - 15 m ³ .j ⁻¹	2
Calcaire Domérien	9	Ravouse ouest	1		≈ 4,5 m ³ .j ⁻¹		≈ 4,5 m ³ .j ⁻¹	1
Calcaire Domérien		Différentes sources de classe 1	1		de 1 à 10 m ³ .j ⁻¹		de 1 à 10 m ³ .j ⁻¹	1

* Classe de débit d'été ; ∅ : débit non mesurable mais existant : ≈ : environ

Classes de débits : 1 : < 10 m³.jour⁻¹ ; 2 : 10 à 60 m³.jour⁻¹ ; 3 : 60 à 250 m³.jour⁻¹ ; 4 : 250 à 500 m³.jour⁻¹

Fig. 6. Tableau récapitulatif des débits de sources mesurés.



Fig. 7. Affleurement du calcaire bathonien au niveau de la Croix Saint-Charles dans le captage « de la Porte ».



Fig. 8. Extrémité de la galerie de captage (85 m) dans l'éboulis, source des Dartreux. À la base : les marnes gorgées d'eau.

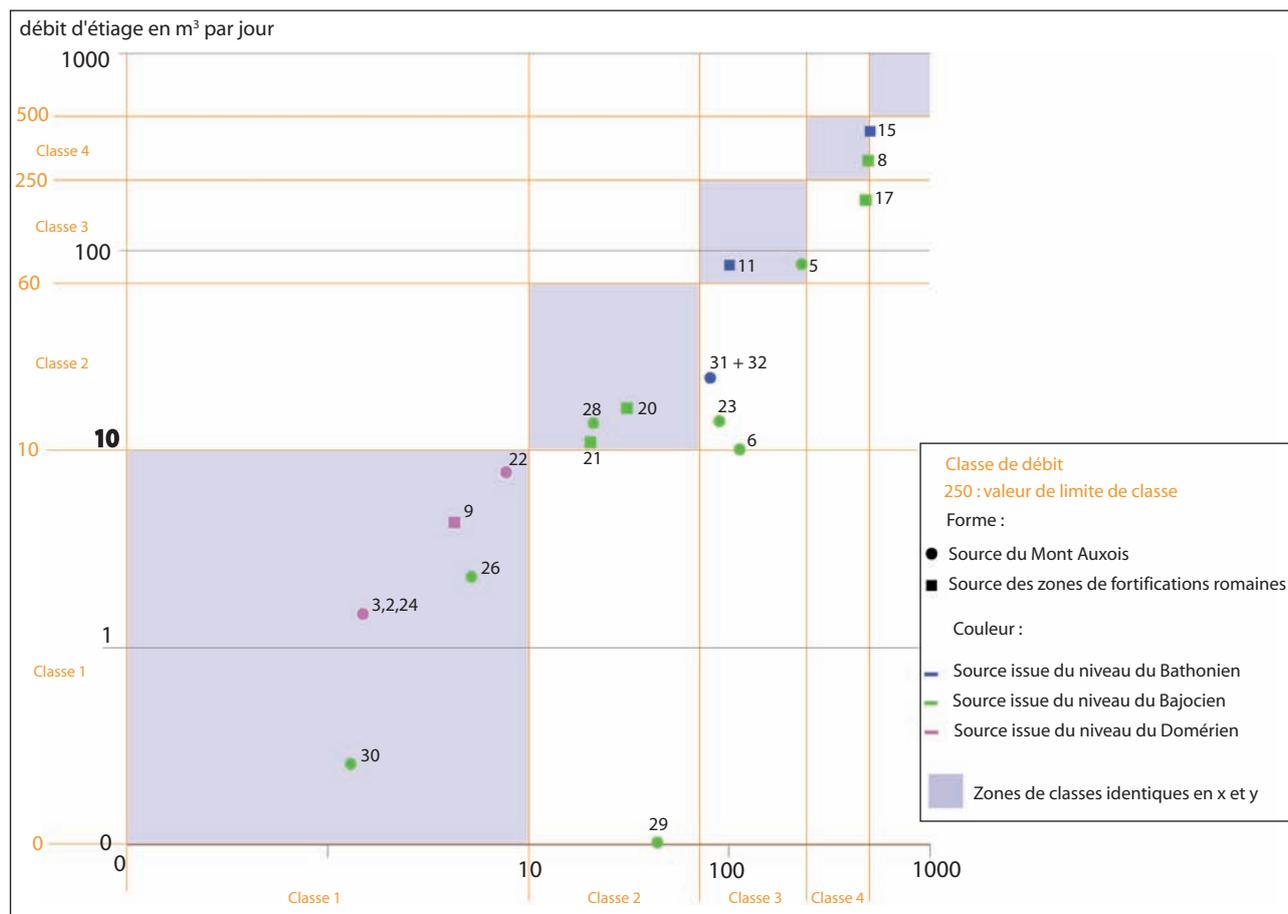


Fig. 9. Rapports des débits hauts et bas des sources.

soit un volume d'eau journalier⁶ de 3 754,8 m³. jour⁻¹ pour le Mont-Auxois, soit une superficie de 97 ha. Nos mesures pour cette période donnent une production d'eau par les sources du Mont-Auxois de 584,6 m³.jour⁻¹, soit une efficacité du drainage par les sources d'environ 15,5 %⁷ (584/3754). Au sortir de la période estivale, pour le mois d'août 2008⁸ à 90 mm de pluviométrie mensuelle, une moyenne de 2816,1 m³.jour⁻¹ d'eau⁹ se déverse sur le plateau. Pour cette période, 170,5 m³.jour⁻¹ sont évacués par les sources, soit environ 6 % de la pluviométrie. Nous remarquons là que le débit des sources est faible par rapport à la pluviométrie. Il s'agit de l'illustration de la reconstitution des réserves et de l'épikarst après

l'étiage, de la remontée des niveaux aquifères avant le retour aux débits maximums.

Position du modèle

Afin de caractériser dans le temps nos périodes de mesures, nous disposons des données de l'Agence de l'eau concernant les débits des rivières locales et des stations limnigraphiques régionales¹⁰. À l'échelle annuelle les mesures effectuées sur le cours de la Brenne - à Montbard et à Brain - ainsi que la station de l'Oze à Darcey situent les données de l'année 2008 en position médiane dans le classement des modules interannuels naturels (calculés sur 23 ans). À l'échelle mensuelle, ces trois postes, et particulièrement celui de Darcey, confirment que les mois d'avril et d'août présentent les valeurs respectivement maximale et minimale de l'année 2008. Selon ces mêmes stations, les débits du mois d'avril 2008 sont élevés, atteignant presque le double de la moyenne calculée pour ce mois. En revanche,

6. Soit P mensuelle (120 mm) x surface du Mont-Auxois 97 ha / nombre de jours dans un mois, soit: (120 mm/30 jours) x 97 ha = 3754,8 m³.jour⁻¹.

7. 584,6 m³.jour⁻¹ / 3 754,8 m³.jour⁻¹.

8. Pour le mois d'août 2008 la pluviométrie fut disparate à l'échelle de la Bourgogne mais proche de la moyenne en ce qui concerne l'Auxois (www.meteo-france.fr).

9. 0,09 m x 970 000 m² = 87 300 m³.

10. www.hydro.eaufrance.fr.

les débits mesurés au mois d'août correspondent tout à fait aux moyennes enregistrées pour cette période d'étiage (données calculées sur 17 à 20 ans).

La connaissance du système et le bilan hydrologique établis, nous disposons de la répartition de la ressource hydraulique sur et autour du Mont-Auxois, ainsi que d'ordres de grandeurs valables concernant les débits des sources. Les ressources en eau sur le site d'Alésia résultent du climat et des conditions géologiques. La géométrie des couches sédimentaires du Mont-Auxois distribue les résurgences sur trois niveaux. Les mesures effectuées sur les débits des sources nous indiquent certaines relations dans les réseaux de circulations internes, et présentent une géographie des quantités d'eau disponibles différente selon les saisons.

La situation climatique du premier siècle avant J.-C, que l'on peut estimer à l'aide de la courbe globale du $\delta^{14}\text{C}$ atmosphérique pour l'Holocène (STUIVER, BRAZIUNAS, 1993), montre des valeurs proches de celles des conditions actuelles ; elles sont bien différentes des valeurs des dégradations climatiques identifiées au premier Âge du Fer ou au Petit Âge Glaciaire, ou des conditions les plus favorables de l'optimum climatique médiéval. De plus, des études méditerranéennes démontrent également que le climat du premier siècle av. J.-C. est relativement proche du nôtre, sans dégradation climatique remarquable (BERGER, 2003 ; LEVEAU, 2009). À une échelle régionale, les recherches conduites sur le sujet ne mentionnent pas de détérioration climatique pour la période qui nous concerne, les détériorations les plus proches de la période étudiée apparaissant au cours du deuxième siècle de notre ère avec le haut niveau lacustre dit du Petit Maclu I (MAGNY, 1992, 1995, 1998). À titre indicatif la courbe de température moyenne reconstruite pour les deux derniers millénaires (MOBERG *et alii*, 2005), indique que la température moyenne annuelle correspondant au changement d'ère est à peine inférieure à l'actuelle (0,2 à 0,4° C de moins). Or, si cette courbe débute avec notre ère, elle ne marque pas, au début du premier siècle, de tendance résultant d'une différence majeure avec le siècle précédent. Ainsi, les données à notre disposition, bien que de natures différentes, concourent à présenter le climat du milieu du premier siècle av. J.-C. comme relativement proche de l'actuel. Les données du système hydrogéologique (pluie, débit) dans le contexte climatique et géologique actuel peuvent être utilisées comme ordre de grandeur pour les périodes antiques, les conditions environnementales étant quasi semblables il y a deux milliers d'années (PETIT, 2001 ; DUROST *et alii*, 2008 ; VIDAL, 2008).

En conséquence, ce modèle hydrogéologique dont les paramètres essentiels - pluie et substrat - n'ont pas évolué de façon notable, correspond bien à la nature des contraintes naturelles présentes sur le site il y a un peu plus de deux millénaires.

II. LES RESSOURCES EN EAU PENDANT LE SIÈGE : ACCÈS ET GESTION

Le cas du siège d'Alésia est singulier puisqu'il ajoute aux faits archéologiques un certain nombre de données apportées par l'écrit contemporain : le *De bello Gallico*. Les positions romaines sont aujourd'hui bien localisées grâce à 150 ans d'investigations conduites sur le Mont-Auxois et ses environs et en particulier aux recherches franco-allemandes (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001) ; les positions gauloises sont de mieux en mieux appréhendées suite aux fouilles de remparts et à la mise en évidence de quartiers suburbains (CREUZENET, 1993 ; BARRAL, JOLY *in* REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001 ; CREUZENET *in* Collectif, 2005). La connaissance des quantités d'eau disponibles et de leur distribution apporte des précisions sur les moyens de gestion nécessaires et sur les conséquences que pouvait avoir cet état de la ressource naturelle lors d'une situation de crise comme le siège de 52 av. J.-C.

L'été de la septième année de la Guerre des Gaules, suite à un assaut infructueux, Vercingétorix et ses hommes se replient dans l'*oppidum* des Mandubiens sur le site d'Alésia. Ils sont suivis, à un jour d'intervalle, par l'armée de César. Cette dernière entreprend alors le siège de la ville gauloise par l'établissement de camps militaires et l'encercllement du Mont-Auxois au moyen de deux lignes de fortifications. Dans ce contexte de siège d'environ deux mois qui débute en fin d'été, où plusieurs dizaines de milliers de personnes vivent sur cette zone, les disponibilités en eau ont-elles influencé le tracé des systèmes défensifs et le déroulement des opérations ? En effet, lors de l'attaque d'une place forte, si l'assaut échoue, les opposants sont confrontés au siège - plus ou moins durable - et donc à des problèmes de logistique. Les assiégés sont coupés de tout approvisionnement extérieur, les assiégeants sont loin de leur base et sans autre infrastructure que celles qu'ils construisent. Les deux belligérants ont pour objectif, si une bataille ne permet pas de débloquer la situation, de ne pas céder en premier. À ces difficultés logistiques s'ajoutent souvent des problèmes sanitaires. L'eau, indispensable à la survie des populations et des bêtes, est un élément

majeur dans la gestion de ces conditions et nécessite une prise en compte dans l'organisation de la vie en communauté. Les auteurs antiques mentionnent souvent cette contrainte lors de récits militaires, par exemple à Pylos où « Par suite du manque de vivres et d'eau, la surveillance exercée par les Athéniens était extrêmement difficile. L'unique source se trouvait dans la citadelle de Pylos, encore était-elle peu abondante » (THUCYDIDE, IV, 26, 2). L'étude de l'environnement et les vestiges archéologiques peuvent nous informer sur les contraintes auxquelles ont dû faire face les assiégés comme les assiégeants.

II.1. ASSIÉGEANTS

II.1.1. *L'eau dans l'armée romaine*

L'armée romaine républicaine est une armée professionnalisée aux soldats très entraînés. Le paramètre vital que représente l'eau occupe une place nécessaire dans son organisation. Lors d'un siège, l'implantation des fortifications en terrain hostile prend en compte les paramètres de durée, d'isolement et d'approvisionnement. Pour des raisons tactiques l'implantation se fait sur un lieu de préférence en hauteur, mais les critères essentiels de choix sont l'accessibilité sûre et facile, la proximité de prairies suffisantes pour le fourrage des bêtes, un terrain aussi uni que possible et la présence de points d'eau.

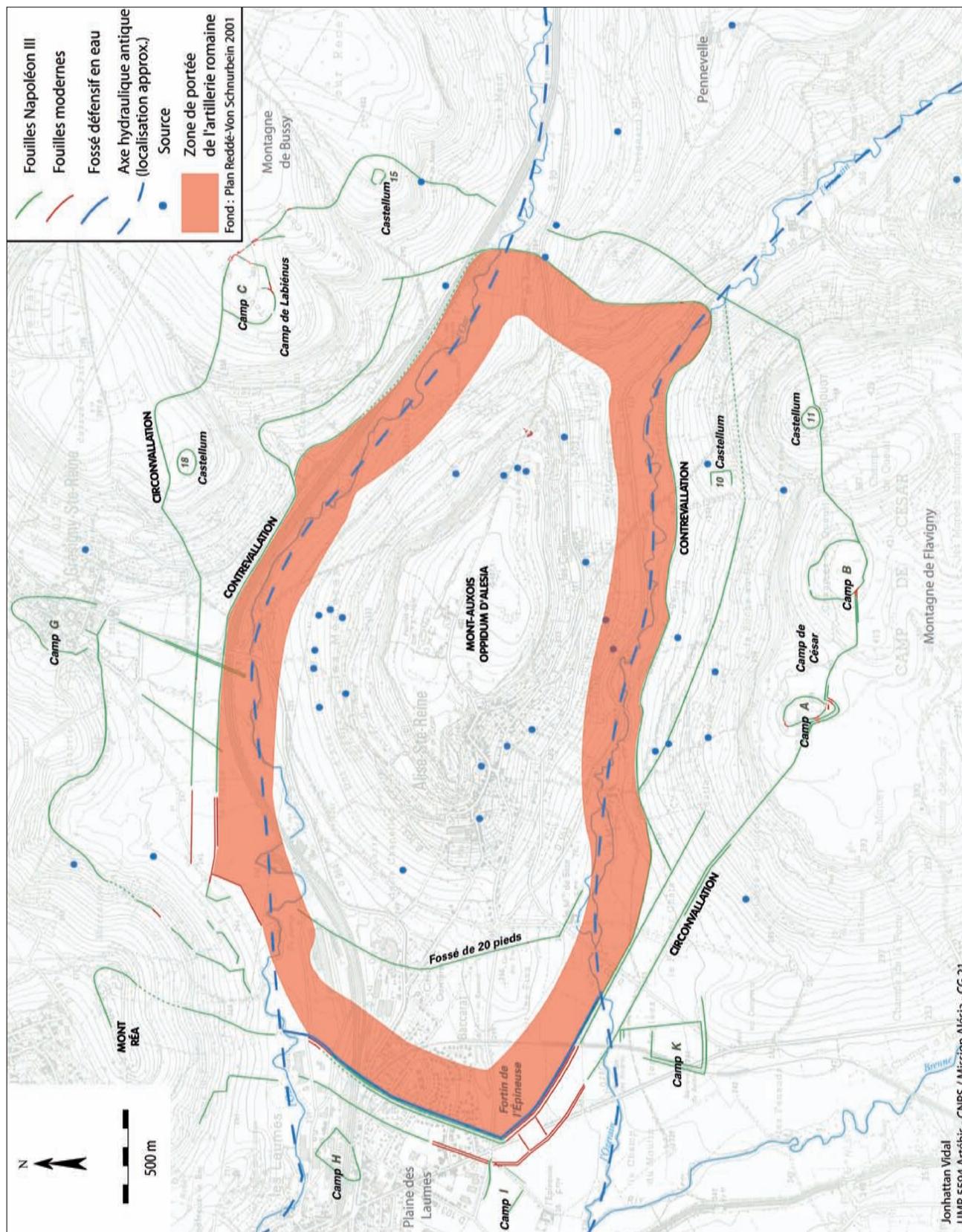
Chaque jour, le rassemblement matinal est sonné. Les hommes vont prendre les ordres et sont constitués les détachements chargés des vivres et des matériaux. L'eau fait partie de ces charges quotidiennes (FLAVIUS JOSÈPHE III, 5, 3, 85). Des valets en grand nombre - au moins 1500 par légion - secondent les soldats dans ces tâches; certains de ceux-ci sont ainsi de corvée d'eau. Des structures peuvent être mises en place pour faciliter les approvisionnements en eau et les sources aménagées et captées. Pour les installations durables un système d'adduction déverse l'eau dans une fontaine au sein du camp. Afin de ne pas dépendre de l'extérieur des puits sont parfois creusés. Si les travaux de captage sont courants pour faciliter la collecte de l'eau, dans le cas présent d'une armée en campagne et d'installations temporaires, les systèmes d'adduction sont certainement beaucoup plus rares et aucun n'a en tout cas été repéré lors des fouilles. Parmi les *immunes*, qui sont pour beaucoup d'habiles artisans officiant au sein des *fabricae*, c'est l'*aquilex* qui est chargé de l'approvisionnement en eau et particulièrement du captage des sources (LE BOHEC, 2002).

L'eau peut également jouer un rôle tactique. Tout d'abord comme ressource vitale dont on peut priver son adversaire. L'exemple en 51 av. J.-C. du siège d'*Uxellodunum*, où « César [...] plaça des archers et des frondeurs, disposa des machines de guerre vers les endroits où la descente était le plus facile, et par là interdit aux assiégés l'accès de la rivière. » (CÉSAR, VIII, 40) avant de faire saboter la source qui alimente l'*oppidum* des Cadurques, en est la meilleure illustration. Mais l'eau est aussi une arme défensive et peut participer à la protection des combattants par la réalisation de fossés inondés, ou bien lorsqu'une armée est en marche, un cours d'eau peut être utilisé comme frontière face aux adversaires (CÉSAR, VII, 34).

Aussi dans l'écrit césarien de la *Guerre des Gaules*, l'eau est souvent présente et l'on compte de nombreux passages où César évoque les enjeux que fleuves, rivières et marais posent en termes de déplacements, et où il précise les passages à gué et constructions de ponts. Mais les mentions de l'eau pour son approvisionnement sont plus rares, signe d'un élément quotidien bien géré, auquel on ne prête pas attention pour l'écriture d'un récit militaire. Toutefois, à quelques reprises cet élément est rappelé, d'une part concernant l'approvisionnement des soldats: par exemple en 55 av. J.-C. où il prévient les Germains « qu'il n'avancera ce jour-là que de quatre milles, pour se procurer de l'eau » (CÉSAR, IV, 11), d'autre part lorsque l'alimentation en eau des adversaires est un élément qui entre dans la tactique. Avec l'exemple d'*Uxellodunum* (CÉSAR, VII, 40, et 41), mais aussi plus tôt, en 52 av. J.-C., devant Gergovie, César mentionne une grande colline qui, si elle était prise, priverait l'ennemi d'une grande part de son eau (CÉSAR, VII, 36).

II.1.2. *Ressources et positions à Alésia*

Autour d'Alésia César fait édifier deux lignes de fortifications, traditionnellement désignées contrevallation pour celle qui enserme l'*oppidum*, et circonvallation pour celle qui encercle le tout en protégeant l'armée césarienne d'une attaque extérieure. Chacune est pourvue de fossés et de pièges en avant d'un *agger* surmonté du *vallum*. Elles s'étendent respectivement sur 15 et 20,7 km. Les camps et les lignes ont été implantés suivant des principes tactiques, mais également influencés par les conditions géomorphologiques (PETIT, 2001). Superposer le tracé des fortifications à une cartographie de la disponibilité en eau nous permet d'examiner les relations entre ressources et positions militaires (fig. 10).



Jonhattan Vidal
UMR 5594 Aréthés - CNRS / Mission Alésia - CG 21

Fig. 10. Théâtre des opérations du siège d'Alésia : fortifications romaines, portée de l'artillerie et éléments hydrographiques.

La première observation concerne la tactique. Les fortifications qui longent l'Oze et l'Ozerain ne sont distantes des rives que de 100 à 250 m au maximum; or la portée efficace de l'artillerie tardo-républicaine est de 200 à 300 m (BAATZ, 1994; DEYBER *in* REDDÉ *dir.*, 1996; REDDÉ, 2003; RICHARDOT, 2006). Protégeant ainsi l'accès à l'Oze et à l'Ozerain par l'armement de longue portée cette configuration présente deux avantages. D'une part, elle interdit l'accès à une ressource en eau aux assiégés, d'autre part les rivières intègrent ainsi le système de pièges comme un obstacle supplémentaire. En effet, César n'écrit pas que les rivières qui bordent l'*oppidum* des Mandubiens constituent un rempart ou un obstacle infranchissable, il ne fait que préciser que deux cours d'eau baignent le pied de l'*oppidum*. Les rivières ne constituaient pas un rempart suffisant car en été les eaux sont peu élevées. Toutefois en avant de la fortification, les cours d'eau, s'ils sont à portée de tir, présentent l'intérêt de ralentir une attaque, de «casser» la charge et donc de prolonger l'exposition de cette dernière à l'artillerie. Les lignes placées à cette distance font des cours d'eau une partie intégrante du système défensif. C'est probablement pour prolonger cette fonction dans la plaine des Laumes, zone où les rivières sont trop éloignées, que les troupes romaines ont détourné l'Ozerain vers un fossé en avant des lignes. Cette pratique, peu usuelle dans la fortification romaine, a été habilement utilisée dans la zone où la nappe aquifère est la plus haute afin de conserver un niveau d'eau (contrevallation côté ouest sur la figure 10). La fouille du fossé qui accueillait ce détournement a mis en évidence un fond en cuvette quand les autres fossés défensifs découverts présentent un profil en «V» (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001) (fig. 11).

Le second point concerne les moyens d'approvisionnement en eau disponibles. En deux endroits à l'est, les lignes frôlent des lieux de source et les incluent dans la fortification. Pour les deux résurgences de Ravouse (9 et 10), seule celle de l'ouest se trouve dans l'enceinte. Il est fort probable que lors de la construction, l'attention n'ait pas été portée sur ces deux sources de débit faible¹¹ bien que constant¹² alors qu'une rivière s'écoule à seulement 200 m. En revanche, pour la source de Sauzaie plus au nord (8), l'intégration au dispositif est heureuse puisqu'elle est la seule source incluse dans les travaux de la montagne de Bussy. Il y avait grand intérêt à ce qu'elle soit au sein des fortifications, et sa position au pied de la

falaise en fait une ressource en eau bien plus proche des camps B et *castellum* 18 et 15 que l'Oze. Il est à noter que des structures de dimension réduite occupaient le moindre replat, par exemple un petit camp se situait entre le camp B et le *castellum* 11 (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001). À l'ouest de la montagne de Bussy le camp G, possiblement abandonné avant les combats finaux (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001), se trouve à l'extérieur des lignes; à moins de 250 m se trouve l'abondante source de Poset (1). Plus à l'ouest, le tracé des fortifications semble indiquer le Mont Réa comme la colline au nord «que les [Romains] n'avaient pu comprendre dans leurs lignes à cause de son étendue, ce qui les avait obligés d'établir le camp sur un terrain presque défavorable et légèrement en pente» (CÉSAR, VII, 83). Ici la rivière traverse les lignes au pied de la montagne, et deux sources sont situées sur ses flancs dont une au sein des remparts.

Vers le sud, la plaine des Laumes ne possède aucun point d'eau sur les deux kilomètres de fortifications situés entre les deux rivières. Au niveau de la montagne de Flavigny, qui accueille sur ses hauteurs les camps A, B et le *castellum* 11, les pentes sont bien plus fournies en résurgences que sur le flanc sud de Bussy. De nombreuses sources s'y trouvent, dont trois sont proches des camps de hauteur, et à l'est celle de Queuil se trouve immédiatement au pied des falaises entre le camp B et le *castellum* 11. Le *castellum* 10 est lui très proche d'une source (18) de débit moyen mais constant.

Victor Pernet, lors des fouilles du Second Empire, avait remarqué que «Les camps situés sur les hauteurs avaient toujours leurs portes situées du côté intérieur de la circonvallation, et placées le plus près possible de l'endroit où existe une source: il fallait, en effet, sans sortir des retranchements, abreuver les troupes cantonnées sur les plateaux. [...] Or, au bas du rocher, précisément en face [de] la porte du camp [A], il y a une bonne source, nommée fontaine de Preutin.» (PERNET, 1908). L'observation cartographique ne rend pas cette remarque si évidente ou systématique. S'il est incontestable que la porte du camp A regarde la source de Preutin (20), ce n'est pas le cas de la porte intérieure du camp B ni de celle du *castellum* 11, pourtant proches de la très importante source de Queuil (17). Cette observation s'avère tout de même juste pour le *castellum* 15 qui présente deux portes intérieures dont l'une est dans l'axe de la source Sauzaie (8). Les portes sont orientées également en fonction de la topographie pour faciliter les mouvements des troupes.

Dans l'ensemble il n'y a pas de détour évident pour inclure telle ou telle source et l'on ne connaît pas

11. Inférieur à 10 m³.jour⁻¹.

12. Niveau du calcaire domérien.

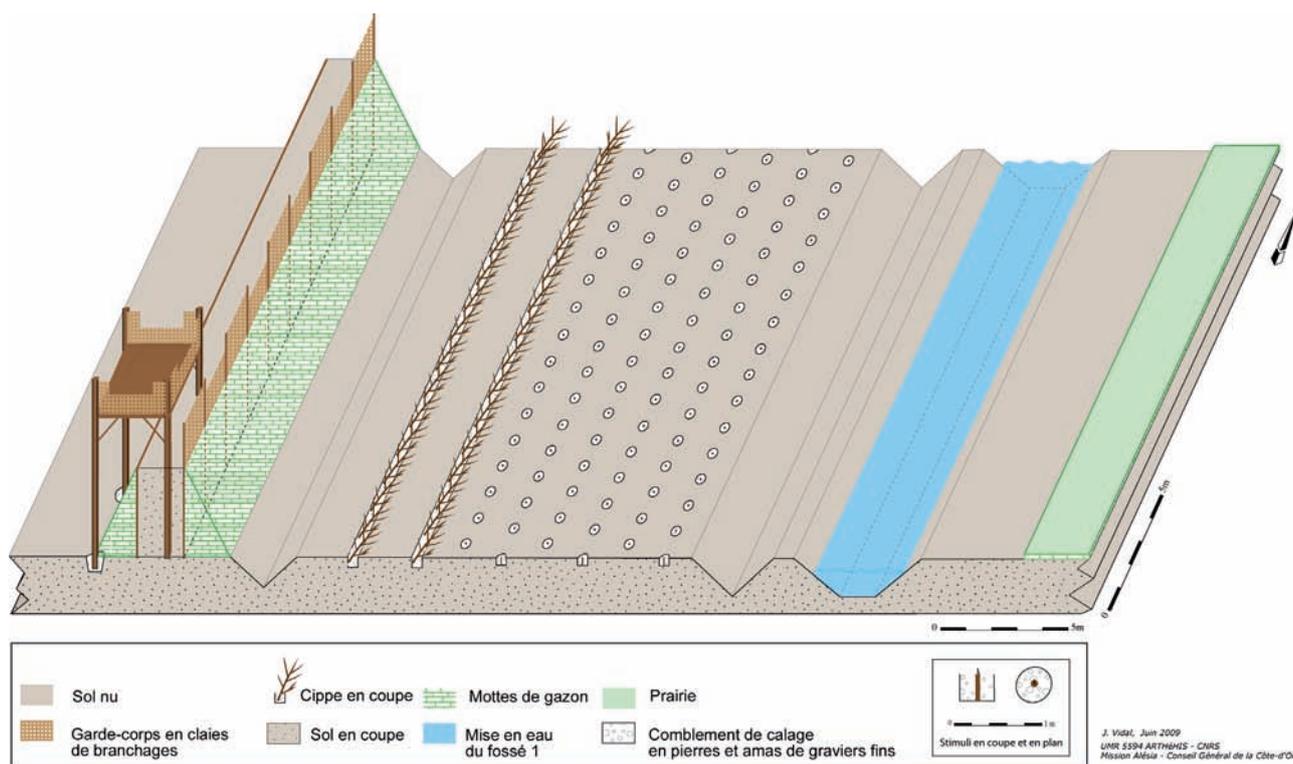


Fig. 11. Tronçon de contrevallation dans la Plaine des Laumes, en coupe et en perspective, d'après les observations lors des fouilles de 1991 à 1997 et les descriptions de César.

de construction fortifiée édiflée spécialement autour d'un point d'eau extérieur. Les lignes incluent un certain nombre de points d'eau, mais les contraintes premières auxquelles ses bâtisseurs se sont pliés sont tactiques et topographiques.

II.1.3. Débits et effectifs

Les rivières ont été utilisées pour la défense et surveillées pour ne pas servir à l'ennemi. Les sources quant à elles ne sont pas mentionnées par César dans les travaux d'Alésia, et sont diversement réparties au sein des retranchements. Étudions quantitativement ce qu'elles représentaient en regard des troupes en présence.

Au vu des informations données par César au long de son récit, le siège s'est déroulé à la fin de l'été 52 av. J.-C. Cette période correspond aux débuts de l'intensification progressive de la pluviométrie annuelle. Le climat de l'année 52 av. J.-C. présente une amélioration par rapport à la sécheresse de 54 av. J.-C. et ses suites de 53 av. J.-C. (DUROST *et alii*, 2008). Le siège se déroule ainsi dans des conditions comparables aux moyennes actuelles des mois d'août et septembre, ce qui nous situe en période de fin d'étiage, lors de la reprise des pluies et du rechargement des nappes. Nos

mesures d'été donnent ainsi un bon ordre de grandeur pour observer les quantités d'eau qui pouvaient être disponibles pour les combattants autour du Mont-Auxois (fig. 12).

L'armée césarienne à Alésia compte entre 10 et 12 légions (REDDÉ, 2003). Une légion de la fin de la République comporte environ 5 200 hommes, répartis en 10 cohortes de 480 hommes, excepté la première qui en compte 800. Ces cohortes sont divisées en centuries de 80 hommes, elles-mêmes constituées de *contubernium*¹³ de 8 soldats. Ce total est toutefois à modérer car au moment du siège les légions ont déjà participé à de nombreux combats lors de l'année 52 av. J.-C., et leurs effectifs en sont largement diminués. Il faut estimer à 40 000 - 45 000 le nombre de soldats des troupes romaines autour du Mont-Auxois en 52 av. J.-C. (REDDÉ, 2003). À ces soldats il faut ajouter les valets, soit presque un homme pour deux légionnaires, ainsi que les nombreux auxiliaires, mercenaires recrutés dans des contingents étrangers. En effet, César ne chiffre que les soldats, et seulement de manière ponctuelle certains auxiliaires comme les 500 cavaliers germains.

13. Chambrées.

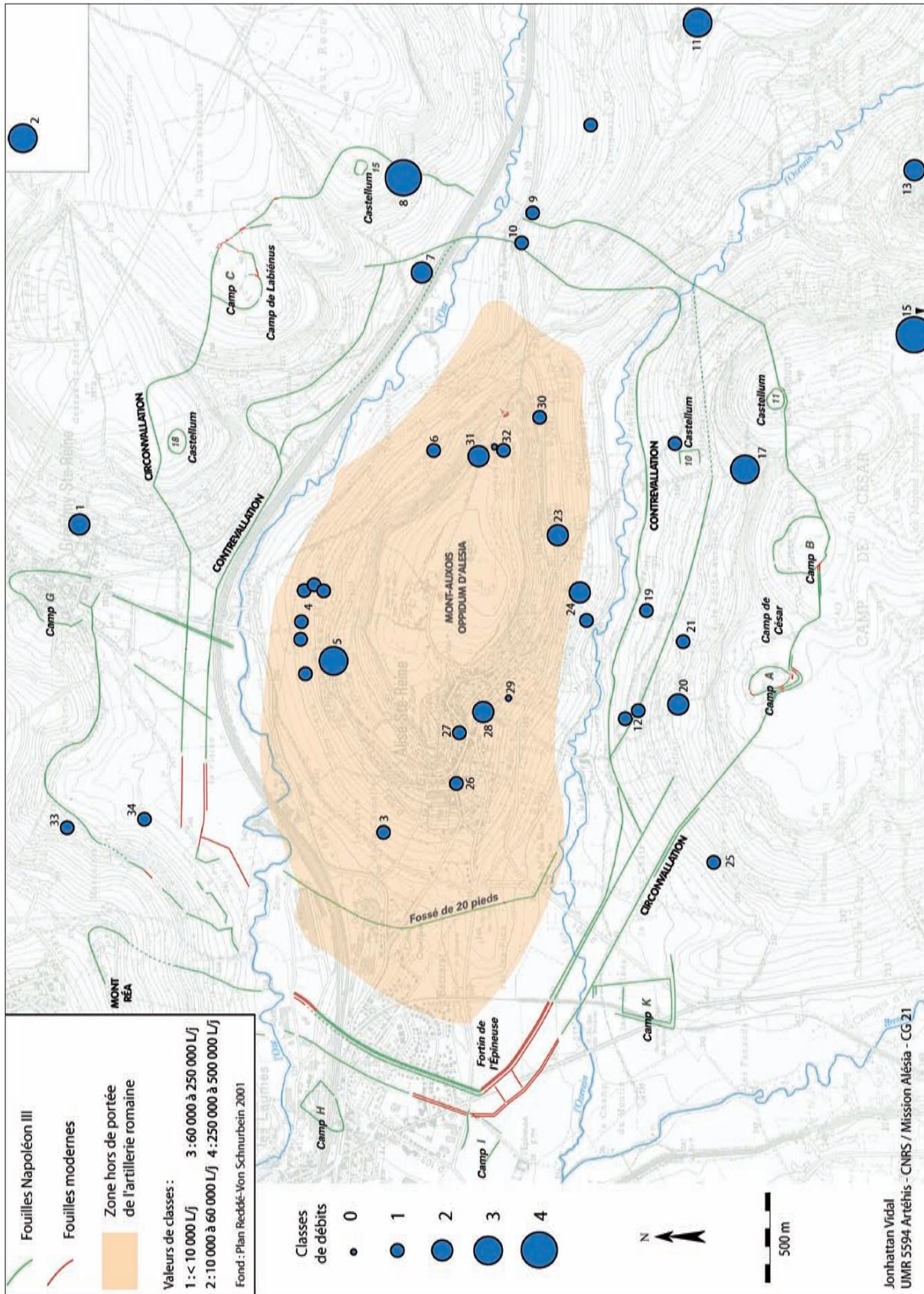


Fig. 12. Théâtre des opérations du siège de 52 av. J.-C. : les fortifications romaines, la zone accessible aux assiégés et les sources pondérées selon leur débit estival.

Classe de débit	Débit en M3	Nombre minimum d'hommes alimentés (consommation max. 2 l.j ⁻¹)	Nombre minimum de bêtes alimentées (consommation max. 50 l.j ⁻¹)
Classe 1	moins de 10	moins de 5 000	moins de 200
Classe 2	10 à 60	5 000 à 30 000	200 à 1 200
Classe 3	60 à 250	30 000 à 125 000	1 200 à 5 000
Classe 4	250 à 500	125 000 à 250 000	5 000 à 10 000

Fig. 13. Tableau des capacités de consommation selon la classe de débit de source.

La consommation journalière en eau d'un soldat en activité est d'environ deux litres en estimation haute¹⁴. Les légionnaires romains consomment également de la *posca*, une eau vinaigrée; cela permet, outre un goût supplémentaire, d'inclure à l'eau les vertus antiseptiques du vinaigre et d'autoriser ainsi une consommation plus sûre des eaux saumâtres. À la consommation des hommes s'ajoutent celle de l'hôpital de campagne et surtout celle des animaux. Ces derniers sont en grand nombre dans le train de l'armée en campagne: chaque *contubernium* comprend deux mulets et deux supplémentaires pour le centurion. S'ajoutent les bêtes qui participent à certaines activités (la forge, les meules, etc.) ainsi que 150 à 200 bêtes par légion pour l'artillerie. Les animaux de rechange ou la viande sur pied sont également à comptabiliser. Enfin s'ajoutent les chevaux des cavaliers. Soit un total autour de 2 000 bêtes par légion (GILBERT, 2008). Hors de l'armée romaine, les auxiliaires ont également des animaux, en particulier les contingents de cavalerie recrutés pour pallier la faiblesse de l'armée césarienne dans cette arme. Un bovin non laitier ou un cheval consomme entre 25 et 50 litres d'eau par jour¹⁵ selon sa morphologie, la température extérieure et son activité. Les bêtes antiques étant généralement un peu plus petites que les modernes, ces valeurs sont à considérer dans leur moyenne basse.

Ainsi, l'estimation indicative de l'effectif global permet d'envisager un total de 65 000-75 000 hommes à abreuver, se trouvant au sein des fortifications. Ils étaient répartis dans les camps et *castellum* mais également dans un grand nombre d'autres fortins disposés au sein des lignes et répartis à différentes altitudes, occupant le moindre replat tactique. À l'observation des figures 10 et 12, il faut avoir à l'esprit le fait que le camp I n'est pas césarien et que la contemporanéité

du siège des camps H et K reste à vérifier; aussi nous ne les prendrons pas en compte.

Les rivières traversent les fortifications de part en part en quatre points différents. Cet apport d'eau permanent au sein même des retranchements - qui en période d'étiage représente environ 80 000 m³.j⁻¹ - élimine d'emblée la question de ressources suffisantes ou non pour les hommes et les bêtes. Cependant, les sources ont certainement joué un rôle important du fait de la production conséquente de certaines d'entre elles, particulièrement lorsqu'elles sont proches de lieux densément occupés par les soldats. Elles revêtaient un intérêt particulier dans les zones de hauteur en permettant un allègement de la logistique d'approvisionnement, et en autorisant la station d'une partie du bétail plus près des camps. Nous pouvons ainsi comparer les estimations de populations des camps proposées par S. Von Schnurbein (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001) et les quantités d'eau disponibles à proximité. Une source de classe 1 produit entre 1 et 10 m³ d'eau par jour. De 500 à 5 000 personnes peuvent donc en dépendre, soit jusqu'à une légion sans les bêtes. Les sources de classe 2 sont capables d'alimenter de 5 000 à 30 000 hommes, soit une légion avec les bêtes ou six sans animaux, au maximum. La classe 3 permet, au minimum, de pourvoir aux besoins de six légions avec leur bétail. Une source de classe 4 peut, grâce à 250 m³ par jour au minimum, fournir de l'eau pour l'ensemble des combattants au sein des fortifications (légionnaires et auxiliaires) (fig. 13).

Plusieurs sources sur les plateaux ont des débits importants à l'extérieur des lignes romaines. Ces points d'eau conséquents offraient la possibilité pour les occupants des hauteurs de s'approvisionner à même altitude. C'est le cas de la source Marin (2, classe 3) sur la montagne de Bussy, de celle d'Epermaille (11, classe 3) sur le Penneville, et de la Recluse (15, classe 4) sur la montagne de Flavigny. Toutefois, si au début du siège ces lieux ont pu être exploités, César exprime son souhait de pouvoir tenir au sein des fortifications quand « il ordonna que chacun se procure du fourrage et du blé pour trente jours » (CÉSAR, VII, 72).

14. Moyenne haute constatée, groupe de reconstitution Pax Augusta, F. Gilbert.

15. Données du ministère de l'agriculture de l'Ontario: www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm; du Nouveau-Brunswick: www.gnb.ca/0170/01700014-f.pdf; informations orales.

Il est à noter qu'à ce moment-là César ne fait pas cas de l'eau, et ce en raison des quantités suffisantes disponibles au sein des retranchements.

Sur la montagne de Bussy se trouve le camp C attribué à Labienus, ainsi que les *castellum* 18 et 15. Au vu de leur superficie et des densités usitées selon Polybe, des occupations respectives par 3 000, 500 et 300 hommes sont envisageables (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001). Sur les flancs de la montagne de Bussy, un seul accès à l'eau est possible au sein des retranchements : la source de Sauzaie (8, classe 4). Incontestablement cette source très importante fut l'approvisionnement principal de cette zone des fortifications, en particulier par sa relative proximité avec le camp C et le *castellum* 15. Elle est située au pied de la falaise bajocienne, immédiatement sous le *castellum* 15, et on est obligé de passer à proximité si l'on souhaite rejoindre l'Oze depuis le plateau. Cette source représente donc une économie de temps et d'efforts dans l'approvisionnement en eau des fortifications sommitales, car elle évite de descendre à la rivière.

Sur le flanc du Mont Réa, César indique que se trouvent au moins deux légions, soit 7 000 à 8 000 hommes. On apprend également que Labienus parvient à rassembler 39 cohortes se trouvant déjà à proximité lors des combats, soit environ 15 000 hommes. Dans cette zone les sources sont peu nombreuses et de faible débit (classe 1). Aussi, il est évident que si dans le secteur se trouvaient une vingtaine de milliers d'hommes, c'est la rivière qui constituait la ressource en eau principale puisqu'elle traverse les lignes au pied du mont sur une assez grande longueur.

Plus au sud, la plaine des Laumes est la portion de fortifications la plus pauvre en ressources aquifères. Il s'agit pourtant d'une zone tactique très importante, la seule sans défense naturelle, et densément occupée par les soldats. Ils sont répartis dans un système de cloisonnement mis en évidence au fortin de l'Épineuse lors des fouilles des années 1990, celui-ci ayant pour objectif d'éviter la propagation des Gaulois à l'intérieur des lignes s'ils parvenaient à percer (REDDÉ, 2003). Une importante portion du bétail devait être concentrée aux extrémités nord et sud de cette zone, près des rivières, tandis que l'intendance transportait l'eau depuis les rivières dans les fortins. Toutefois, la plaine présente une solution alternative par la présence du niveau aquifère souterrain à peu de profondeur. Des puits ont potentiellement été utilisés comme ressource d'appoint. Ainsi les fouilles du XIX^e siècle dans ce secteur ont repéré ce qui a été interprété en 1861 comme un « puits militaire à balancier [...] creusé dans le sable, [avec lequel] on a de l'eau toujours filtrée

et toujours fraîche » (PERNET, 1907). Cette découverte suscita pour ses découvreurs « la conviction que bien d'autres puits semblables [devaient] exister dans la traversée de la plaine des Laumes » (*Ibid.*). Il est difficile de valider ou non cette interprétation sur la base des documents disponibles. Ce moyen pouvait également être employé sur les camps de hauteur, positionnés en bordure du calcaire, car des aquifères retenus par des niveaux argileux du Bathonien étaient parfois accessibles à peu de profondeur. C'est ce qu'illustre l'accès à l'un de ces niveaux dans le *titulum* du camp A repéré à seulement 2,26 m de profondeur lors des fouilles des années 1990 (REDDÉ, VON SCHNURBEIN *dir.*, 2001).

Du côté de la montagne de Flavigny, qu'occupent les camps A, B et le *castellum* 11, les sources sont en plus grand nombre grâce au pendage des couches géologiques. Au sein des lignes se trouvent, en partie basse près de la circonvallation, quatre sources de classe 1, permettant chacune l'alimentation de quelques milliers d'hommes. Ces sources ont sans doute été exploitées afin de subvenir aux besoins des soldats qui garnissaient la circonvallation. Le camp A, occupé par un millier d'hommes, surplombe les deux sources d'En Preutin (20, 21), dont V. Pernet a déjà remarqué la situation dans l'axe de la porte. Ces deux sources, en période d'étiage, ont des débits suffisants pour alimenter sept fois la population de ce camp. L'ensemble des troupes, animaux compris, pouvait dépendre de ces ressources situées au pied des falaises. Plus loin, le camp B, attribué à César par M. Reddé (2003), comprenait 3 500 soldats, tandis que le *castellum* 11 en comptait environ 500. À équidistance de ces deux retranchements en contrebas, se trouve une source particulièrement abondante, celle de Queuil (17), qui fournit pendant l'été près de 200 m³ d'eau par jour. Cette source, par sa position et son débit, représentait un atout très important en termes d'autonomie et de facilité d'approvisionnement pour les retranchements alentour, et particulièrement le camp B et le *castellum* 11.

Les ressources en eau n'ont pas été une inquiétude pour les Romains, ne serait-ce que par le passage des rivières au sein des fortifications. Mais l'étude des quantités d'eau disponibles à proximité des camps et fortins permet de mieux appréhender l'organisation logistique concernant les approvisionnements en eau durant le siège. Il semble évident, vu leur nombre, que la majorité des bêtes de somme étaient placées à proximité des rivières afin d'éviter le transport de trop grandes quantités d'eau. Mais la présence de très importantes sources autorisait le stationnement d'un bon nombre d'animaux en contrebas des camps. De

plus, la majorité des hommes pouvaient être abreuvés par les sources réparties en différents points. Elles ont permis à la position tactique de ne pas être remise en cause par des problèmes logistiques lors de la répartition des troupes au sein des fortifications. Dans certaines situations, en particulier sur la montagne de Flavigny, la proximité et l'altitude des ressources facilitaient l'approvisionnement, économisant temps, efforts et main d'œuvre, cette dernière étant précieuse vu l'étendue des défenses. Dans d'autres zones, il a toutefois fallu s'accommoder de l'éloignement des ressources : c'est le cas pour la plaine des Laumes et dans une moindre mesure du *castellum* 18, voire du camp C. Concernant la cavalerie, la proximité d'un certain nombre de sources conséquentes avec les camps ou fortins a permis de garder les bêtes dans l'entourage ou à l'intérieur même des structures. Les sources de fort débit au sein des retranchements désignent là des points névralgiques de la logistique interne des retranchements césariens. La mise en évidence de ce phénomène participe à la compréhension globale de l'organisation des assiégés lors de cet événement majeur de la Guerre des Gaules.

II.2. ASSIÉGÉS

II.2.1. Situation

Nous n'avons pas de source écrite émanant des assiégés ; nos informations historiques sont donc tributaires de la vision d'un étranger, qui plus est ennemi et vainqueur, et donc enclin à donner la version des faits qui va le servir. De plus, les positions gauloises sont connues dans les grandes lignes mais ne sont pas aussi précisément repérées que le sont les fortifications romaines. Toutefois la limite d'une zone accessible marquée par la portée de l'artillerie adverse, ainsi que le fonctionnement hydrologique du Mont-Auxois nous permettent d'obtenir des indices suffisants pour clarifier les contraintes auxquelles les assiégés ont dû faire face.

Ceux-ci sont bien plus démunis que les Romains du point de vue des ressources en eau, ne serait-ce que par leur impossibilité d'accès à la rivière (fig. 10). Les Gaulois ont dû se tourner alors vers la seule ressource en eau disponible sur Alésia : les sources (les puits gaulois n'étant pas identifiés ou restent mal datés¹⁶). Les mesures sur l'ensemble des sources du Mont-

Auxois permettent de donner des ordres de grandeur de la totalité de l'eau disponible et sa distribution (fig. 6 et 12). La mise en relation des effectifs gaulois et des quantités d'eau disponibles lors du siège permet de se pencher sur la réalité des conditions de cette situation.

II.2.2. Effectifs et eau disponible

Sur le Mont-Auxois au début du siège se trouve la faible population mandubienne à laquelle s'ajoutent les combattants de Vercingétorix. Cette armée de coalisés compte 80 000 hommes selon César (CÉSAR, VII, 71). Nous n'avons aucun moyen de vérifier cette donnée car si l'*imperator* peut livrer une évaluation juste, il peut également grossir le chiffre pour valoriser sa victoire. Cependant, au vu des offres de Gaulois en esclavage à chacun de ses soldats suite à la victoire (CÉSAR, VII, 90), nous prenons le parti de retenir cet ordre de grandeur comme cela est admis par M. Reddé (REDDÉ, 2003).

L'approvisionnement en eau est un paramètre logiquement pris en compte lors de l'installation d'une place forte. Pour les Gaulois de l'*oppidum* d'Alise, les sources proches de la Croix-Saint-Charles suffisaient avec 24 m³ par jour au plus bas du débit. Dans les conditions du siège, en présence de l'armée coalisée, cette ressource bien utile se révéla insuffisante et nécessita la multiplication des lieux d'approvisionnement. La production de l'hydrologie souterraine du Mont-Auxois en fin d'été s'établit à un peu plus de 170 m³ quotidiens déversés sur les pentes par des sources majoritairement au-dessus de 350 m d'altitude. L'ensemble de ces ressources était accessible aux assiégés car hors de portée de l'artillerie romaine. Il y a donc sur le Mont-Auxois un potentiel hydrologique largement suffisant pour alimenter l'ensemble des assiégés. De plus, les deux litres par jour que nous évoquons constituent une moyenne de confort et il est évident qu'en contexte de siège, un litre quotidien peut si besoin sustenter les hommes sans atteindre les limites de survie. Capter la moitié des eaux du Mont-Auxois pouvait suffire. Seulement 24 m³ par jour étaient disponibles au niveau des sources de plateau. C'est donc au pied des falaises et des éboulis bajociens, où s'écoulent plus de 125 000 litres.j⁻¹, qu'il faut chercher l'approvisionnement principal des assiégés. Des fortifications avancées permettaient de protéger l'accès à ces zones de pied d'escarpement, la descente en était facilitée par des poternes comme celle fouillée dans les falaises qui surmontent la source des Celliers (MANGIN, 1975 ; MANGIN in Collectif, 1987). La pré-

16. En l'état actuel des données, il n'est pas possible de déterminer si certains puits de la ville gallo-romaine ont une activité remontant à la ville gauloise.

sence des sources au pied des falaises qui ceinturent un *oppidum* constitue une configuration courante de ces places gauloises. En effet, les nappes aquifères se forment grâce à la présence d'un niveau sédimentaire imperméable à la base d'un étage rocheux dans lequel s'infiltrèrent les précipitations. C'est d'ailleurs une disposition similaire qui est visible à *Uxellodunum* (le Puy-d'Issolud à Vayrac) où la source - unique du fait du pendage des couches - sourd à la base du niveau de calcaire de l'Aalénien inférieur, plus de 120 m sous le sommet de l'*oppidum*. César remarque que « l'eau d'une fontaine abondante, sort[ait] du pied même des murs » (CÉSAR, VIII, 40).

Les ressources sont présentes et accessibles sur l'*oppidum* d'Alésia ; toutefois, si notre propre expérience lors des mesures, ainsi que les vestiges d'exploitations antiques témoignent de la facilité de mise en place de systèmes de récupération des eaux, il n'est pas envisageable que la totalité de l'eau produite soit captée sans perte. En termes de gestion, les Gaulois possédaient le savoir-faire pour transporter cette ressource et la stocker temporairement (tonneaux, citernes...). La quantité exploitée, si elle ne représentait pas la totalité de la ressource écoulee, était donc suffisante aux hommes si une utilisation rationnelle était mise en œuvre.

Si les quantités dont disposaient les Gaulois convenaient pour alimenter les hommes, la consommation animale posait un problème. En effet, César précise que les Mandubiens ont amené une importante quantité de bétail, et les insurgés, outre une cavalerie nombreuse, sont accompagnés de bêtes de somme pour le transport. Concernant l'éventuel risque bactériologique comme facteur limitant dans l'exploitation de l'eau, cette contrainte - qui ne concerne pas la cavalerie rapidement éloignée - nous semble peu probable en raison, d'une part, du haut niveau de pollution animale nécessaire pour affecter les ressources (EUZÉBY, 2002) ; d'autre part, car il ne fait aucun doute que la gestion courante du bétail ait conduit, en terme de répartition, à des habitudes évitant ce type de désagrément. La cavalerie de 15 000 hommes et chevaux - chiffre donné avant la bataille de cavalerie qui conduisit à Alésia et lors de laquelle de nombreux Gaulois périrent (CÉSAR, VII, 67) - ne reste que quelques jours à Alésia avant d'être envoyée recruter une armée de secours¹⁷. Durant

son séjour, la cavalerie a accès aux rivières puisqu'elle décide de son départ justement avant que les fortifications romaines ne soient complètes. Pour le reste du bétail, si en temps de paix les Mandubiens pouvaient abreuver leurs animaux aux rivières, le siège mis en place, ils ne disposaient semble-t-il que des ressources de l'*oppidum*. Ces dernières furent insuffisantes pour répondre aux besoins de tous. Ainsi, les animaux - trop consommateurs - ne pouvaient être tous gardés en vie. De plus, avec seulement un mois de vivres pour un siège qui en dura le double, ces mêmes animaux représentaient un potentiel de nourriture qu'on imagine mal ne pas être consommé.

Pour alimenter les assiégés en eau, il fallut mettre en place un système de distribution et installer une partie des personnes à proximité des ressources. Dans l'organisation du rationnement alimentaire (CÉSAR, VII, 71), l'eau faisait partie des ressources à économiser. Dans cette configuration, un siège d'une telle ampleur n'est pas sans entraîner des conditions très dures pour les assiégés, 80 000 hommes enfermés demandant une organisation rigoureuse des distributions en eau et vivres, un rationnement total pour faire face au surnombre.

CONCLUSION

L'étude précise du fonctionnement hydrologique du théâtre des opérations de 52 av. J.-C. nous permet de mieux appréhender les contraintes et l'organisation des hommes pour un événement ponctuel : le cas ici d'une situation de crise qui sollicite particulièrement les ressources naturelles. Les zones de distribution de ces ressources ont constitué des lieux capitaux au sein des retranchements de chacun des belligérants.

L'homme choisit le milieu qu'il exploite en fonction de différents paramètres : la disponibilité en eau en fait fréquemment partie. Toutefois, il peut arriver que l'on soit contraint de s'implanter, en surnombre, dans un lieu non choisi : la ressource en eau est alors une contrainte forte. Pour le site d'Alésia, l'étude archéologique associée à la collecte et à la compréhension des données environnementales a permis d'obtenir des informations sur les conditions auxquelles les hommes ont été confrontés : le site présente d'importantes disponibilités en eau, mais qui subissent de forts étiages. De plus, le Mont-Auxois dispose de nombreux points d'accès en eau mais dont les débits restent limités.

17. L'emplacement traditionnellement désigné comme lieu d'accueil de l'armée de secours après sa constitution est la montagne du Purgatoire près de Mussy-la-Fosse. Ce point, dont la topographie est avantageuse pour une position militaire, est la hauteur libre la plus proche du théâtre des opérations. Il dispose également de

conditions géologiques favorables distribuant les sources sur son flanc nord (CIRY, 1927).

Le siège de 52 av. J.-C. correspond à une situation de crise tant pour les assiégeants que pour les assiégés : une densité de population inhabituelle se trouve en un lieu dont elle ne peut sortir.

Ainsi à la lumière de la répartition des sources et de l'estimation de leurs débits, nous avons montré que l'armée romaine assiégeante ne craignait pas de manquer d'eau ; mais que la présence et les positions des sources ont joué de façons différentes sur l'organisation au sein des fortifications. Il est à noter que c'est sans doute en raison d'une gestion de l'eau sans difficulté que César ne mentionne pas la question de son approvisionnement. Il nous semble que cet élément alimente l'appréciation selon laquelle le *De bello Gallico* est bien un rapport destiné à fournir le minimum descriptif permettant de se représenter les événements, mais ne s'appesantissant pas sur des détails, excepté lorsque ceux-ci étaient propres à impressionner son lectorat, comme dans les cas - en matière d'eau - de construction de pont ou de privation de source de ses adversaires.

Les assiégés quant à eux disposaient de ressources en eau suffisantes mais limitées. Comme l'écrit justement Joël Le Gall, « la soif n'a pas torturé les défenseurs d'Alésia » (LE GALL, 1987). Toutefois l'étude hydrogéologique des sources permet d'attester qu'il fut nécessaire d'organiser strictement la gestion des ressources pendant le siège. Ces nécessités ont probablement consisté à exploiter un maximum de points d'eau, à rationner des ressources et à abattre des animaux trop consommateurs. Cette nécessité de restriction en eau donne un nouvel éclairage à l'épisode du renvoi des populations non combattantes hors de l'*oppidum* : « Ceux qui, à raison de leur santé ou de leur âge, ne pouvaient rendre de service à la guerre, sortiraient de la place [...] Les Mandubiens, qui les avaient reçus dans leur ville, sont forcés d'en sortir avec leurs enfants et leurs femmes. Ils s'approchent des retranchements des Romains, et, fondant en larmes, ils demandent, ils implorant l'esclavage et du pain » (CÉSAR, VII, 78).

Bibliographie

- ADAM J.-P., 2008, *La construction romaine: matériaux et techniques*, Paris, Picard, 5^e éd., 367 p. (Coll. *Grands manuels Picard*).
- AUDIAT M., 1868, *Bernard Palissy: étude sur sa vie et ses travaux*, Paris, Lib. académique, 478 p.
- BAATZ D., 1994, *Bauten und Katapulte des römischen Heeres*, Stuttgart, Steiner, 312 p. (*Mavors*, 11).
- BARASTIER M., 1982, *La Haute vallée de l'Ouche et son bassin*. Tome II: *Dijon*, [Mâlain], Groupe archéologique du Mémontois, 350 p. (*Cahiers du Mémontois*, 14).
- BARRAL Ph., 2009, «Le second Âge du Fer en Côte-d'Or (V^e-I^{er} siècle av. J.-C.)», in: PROVOST M., dir., *La Côte-d'Or*, Paris, Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres, p. 143-151 (*Carte archéologique de la Gaule*, 21).
- BERGER J.-F., 2003, «Les étapes de la morphogenèse holocène dans le sud de la France» in: VAN DER LEEUW S., FAVORY F., FICHES J.-L., *Archéologie et systèmes socio-environnementaux: études multiscalaire sur la vallée du Rhône dans le programme ARCHAEOEMEDS*, Paris, CNRS éd., p. 87-167 (*Monographie du CRA*, 27).
- BETURE, CEREC, 2003, *Aménagement du site d'Alésia: étude hydraulique de la plaine des Laumes*, Conseil général de la Côte-d'Or, Rapport dactyl.
- BRUNAU, J.-L., LAMBOT, B., 1988, *Guerre et armement chez les Gaulois: 450-52 av. J.-C.*, Paris, éd. Errance, 219 p. (*Coll. des Hespérides*).
- CAMPY M., MACAIRE J.-J., 2003, *Géologie de la surface: érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*, Paris, Dunod, 2^{ème} éd., 448 p.
- CASTANY G., 1998, *Hydrogéologie: principes et méthodes*, Paris, Dunod, 238 p.
- CASTANY G., 2005, *Hydrogéologie* [en ligne], in: *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur: <http://www.universalis-edu.com/imprim_CL.php?nref=J992091>.
- CAZANOVE O. de dir., ANDRÉ N., CREUZENET F., DESSALLE H., DOBROVICH L., avec la coll. de PETIT Ch., VIDAL J., SIMON J., BRUNET M., POPOVITCH L., LEFEBVRE S., DABAS M., 2009, *Sanctuaire d'Apollon Moritasgus: Alésia, La Croix Saint-Charles, Rapport d'activité 2008*, Dijon, Univ. de Bourgogne - UMR ARTEHIS, 210 p. dactyl.
- CÉSAR J., *De bello Gallico*, Trad. CONSTANS L.-A., Paris, Gallimard, 1981, 461 p.
- CIRY R., 1927, *Rapport d'expertise géologique sur le projet d'adduction d'eau de la commune de Mussy-la-Fosse (Côte-d'Or)*, Dijon, Univ. de Bourgogne, 3 p. dactyl.
- Collectif, 1987, «Alésia», *Revue historique des armées*, n° 2, 144 p.
- Collectif, 2005, *Alésia: comment un oppidum gaulois est entré dans l'histoire*, Dijon, éd. Faton, 143 p. (*Dossiers de l'Archéologie*, n° 305, juillet/août 2005).

- COLLENOT J.-J., 1873, *Description géologique de l'Auxois. Arrondissement de Semur (Côte-d'Or), d'Avallon (Yonne), d'une partie du Morvan, etc. Stratigraphie, paléontologie, géogénie*, Semur, Verdout, 660 p.
- COSME P., 2007, *L'armée romaine, VIII^e siècle avant J.-C. – V^e siècle après J.-C.*, Paris, A. Colin, 288 p. (*Coll. Cursus - Histoire*).
- CREUZENET F., 1993, «Les gaulois d'Alésia (Alise-Sainte-Reine): nouveaux éléments», *R.A.E.*, t. 44, fasc. 1, p. 211-220.
- DUROST S., ROSSIGNOL B., LAMBERT G.-N., BERNARD V., 2008, «Climat, Guerre des Gaules et dendrochronologie du chêne (*Quercus*) du premier siècle avant J.-C.», *Archéosciences - Revue d'Archéométrie*, n° 32, p. 31-50.
- EUZÉBY J., 2002, *Risques parasitaires liés aux déjections d'origine humaine et animale manipulées ou épanchées: le péril fécal et le problème de l'eau*, Tampa, Florida (États-Unis), Romark Institute of medical research, 308 p.
- FEUGÈRE M., 2002, *Les armes des Romains*, Paris, éd. Errance, 295 p. (*Coll. des Hespérides*).
- FICHTL S., 2000, *La ville celtique: les 'oppida' de 150 av. J.-C. à 15 ap. J.-C.*, Paris, éd. Errance, 190 p.
- FLAVIUS JOSÈPHE, *Guerre des Juifs*, Trad. HARMAND R., Paris, Ernest Leroux, 1932, 286 p.
- GILBERT F., 2004, *Le soldat romain à la fin de la République et sous le Haut-Empire*, Paris, éd. Errance, 191 p.
- GILBERT F., 2008, *Nombres de mules et de chariots par légion dans l'armée de César*, Conseil général de la Côte-d'Or, notice dactyl., 2 p.
- GROS P., 1996, *L'architecture romaine: du début du III^e siècle av J.-C. à la fin du Haut-Empire, Tome 1, Les monuments publics*, Paris, éd. Picard, 503 p.
- JACQUIN T., THIERRY J., 1990, *Carte géologique de la France à 1/50 000: Montbard*, Orléans, BRGM, 42 p.
- JOLY J., 1966, «Alésia et son contexte géologique», in: LE GALL J. dir., *Connaissance d'Alésia, Colloque réuni à la Faculté des Lettres et Sc. Humaines de Dijon et à Alésia les 5 et 6 juillet 1966*, Dijon, Univ. de Bourgogne, p. 13-22.
- JOLY J., 1968, «Une formation quaternaire mal connue: les systèmes de base de corniche», *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 265, Paris, p. 559-562.
- LE BOHEC Y., 2002, *L'armée romaine sous le Haut-Empire*, Paris, éd. Picard, 3^{ème} éd., 292 p.
- LE GALL J., 1987, «La soif n'a pas torturé les défenseurs d'Alésia», in: BÉMONT C. éd., *Mélanges offerts au docteur J.-B. Colbert de Beaulieu*, Paris, Le Léopard d'Or, p. 565-570.
- LE GALL J., 1989, *Fouilles d'Alise-Sainte-Reine 1861-1865*, Paris, de Boccard, 2 vol., 322 p. (*Mém. de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres*, IX).
- LE GALL J., 1990, *Alésia: archéologie et histoire*, Paris, éd. Errance, 3^{ème} éd., 235 p.
- LEROY J., PODVIN A., COMPAGNAT P., 1992, *Étude de l'Ozevain, département de la Côte-d'Or*, D.I.R.E.N., Conseil supérieur de la pêche, rapport dactyl.
- LEVEAU Ph., 2009, «Les conditions environnementales dans le nord de l'Afrique à l'époque romaine: contribution historiographique à l'histoire du climat et des relations homme/milieu», in: HERMON E., *Société et climats dans l'Empire romain: pour une perspective historique et systémique de la gestion des ressources en eau dans l'Empire romain*, Naples, Editoriale Scientifica, 42 p.
- MAGNY M., 1992, «Le climat à la fin de l'Âge du Fer et dans l'Antiquité (500 BC–500 AD): méthodes d'approche et résultats», *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 50, p. 32-36.
- MAGNY M., 1995, *Une histoire du climat: des derniers mamouths au siècle de l'automobile*, Paris, éd. Errance, 175 p. (*Coll. des Hespérides*).
- MAGNY M., 1998, «Reconstruction of Holocene lake-level changes in the French Jura: methods and results» in: BURKHARD F. et alii, *Palaeohydrology as Reflected in Lake-level Changes as Climatic Evidence for Holocene times*, p. 67-85 (*ESF Project European Palaeoclimate and Man*, 17).
- MANGIN M., 1975, *Rapport d'activité année 1975, III à VI: recherches sur les versants sud et nord du Mont-Auxois (prospections et fouilles)*, Archives du musée Alésia, Manuscrit.
- MANGIN M., 1981, *Un quartier de commerçants et d'artisans d'Alésia: contribution à l'histoire de l'habitat urbain en Gaule*, Paris, Les Belles Lettres, 300 p. (*Publ. de l'Univ. de Dijon*, 60).
- MARCEAUX J., TRABOULOT S., 1994, *Atlas climatique de la Côte-d'Or*, Dijon, Météo France, Conseil Général de la Côte-d'Or, 128 p.
- MOBERG A., SONECHKIN D., HOLMGREN K., DATSENKO N., KARLÉN W., 2005, «Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data», *Nature*, vol. 433, n° 7026, 10 February 2005, p. 613-617.
- MOLINIER A., 2004, *Étude environnementale préalable: projet d'aménagement du site d'Alésia*, Rapport de stage D.E.S.S. Espace rural et environnement, Dijon, Univ. de Bourgogne, 49 p. dactyl.
- NAPOLEON III, 1866, *La Guerre des Gaules: histoire de Jules César*, Paris, éd. Errance, rééd. 2001, 367 p.
- PALISSY B., 1580, «Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles», in: CAP P.-A. éd., *Œuvres complètes de Bernard Palissy*, Paris, Librairie scientifique et technique A. Blanchard, 1961, 461 p.
- PALLADIUS, *Économie rurale*, trad. CABARET-DUPATY M., Paris, Panckoucke, 1843, 470 p.
- PERNET V., 1907, «Notes sur Alise et ses environs: les fouilles de Napoléon III (suite)», *Pro Alesia*, n° 7-8, p. 123-125.
- PERNET V., 1908, «Notes sur Alise et ses environs: les fouilles de Napoléon III (suite)», *Pro Alesia*, t. 3, n° 27, p. 418-420.

- PERNET V., 1916, « La fontaine d'Alise-Sainte-Reine d'Alésia », *Pro Alesia*, t. 2, n° 7, p. 102-123.
- PETIT Ch., 1987, *Le système de base de corniche du Mont-Auxois (21)*, Mémoire de M.S.T., Dijon, Univ. de Bourgogne, manuscrit, 45 p.
- PETIT Ch., 1989, « Formations de versant de l'Auxois : l'exemple du système de base de corniche du Mont-Auxois (Côte-d'Or) », *Bull. de la Société des Sciences historiques et naturelles de Semur-en-Auxois et des fouilles d'Alésia*, t. II, fasc. 2. Semur-en-Auxois, Bordot, p. 11-18.
- PETIT Ch., 2001, « L'environnement du site d'Alésia », in: REDDÉ M., VON SCHNURBEIN S. dir., *Alésia : fouilles et recherches franco-allemandes sur les travaux militaires romains autour du Mont-Auxois (1991-1997)*, Paris, Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres, p. 55-103 (*Mém. de l'Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres*, 22).
- PLINE l'Ancien, *Histoire naturelle*, trad. de LITTRÉ E., Paris, Firmin-Didot, 1860, tome 1, 742 p.
- REDDÉ M. dir., 1996, *L'armée romaine en Gaule*, Paris, éd. Errance, 278 p.
- REDDÉ M., 2003, *Alésia : l'archéologie face à l'imaginaire*, Paris, éd. Errance, 224 p. (Coll. *Hauts lieux de l'histoire*).
- REDDÉ M., VON SCHNURBEIN S. dir., 2001, *Alésia : fouilles et recherches franco-allemandes sur les travaux militaires romains autour du Mont-Auxois (1991-1997)*, Paris, Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres, 571 p., 1 CD-ROM (*Mém. de l'Acad. des Inscriptions et Belles-Lettres*, 22).
- REDDÉ M., BRULET R., FELLMANN R., HAALBOS J.-K., VON SCHNURBEIN S. dir., 2006, *Les fortifications militaires : l'architecture de la Gaule romaine*, Bordeaux, MSH-Ausonius, 480 p. (*Documents d'Archéologie Française*, 100).
- RICHARDOT P., 2006, *Les erreurs stratégiques des Gaulois face à César*, Paris, Economica, 184 p. (*Campagnes & stratégies*, 55).
- STUIVER M., BRAZIUNAS T., 1993, « Ocean climate and atmospheric $^{14}\text{CO}_2$: an evaluation of causal and spectral relationship », *The Holocene*, 3, p. 289-305.
- THUCYDIDE, *Histoire de la Guerre du Péloponnèse*, trad. VOILQUIN J., Paris, Garnier frères, 1966, 696 p.
- VIDAL J., 2008, *L'eau sur le site d'Alésia : du siège à l'Époque moderne, une ressource naturelle et sa gestion par l'homme*, Mémoire de Master Archéosciences et Géo-environnement, Dijon, Univ. de Bourgogne, 208 p. dactyl.
- VIOLLET P.-L., 2005, *L'hydraulique dans les civilisations anciennes : 5000 ans d'histoire*, Paris, Presse des Ponts et Chaussées, 384 p.
- VITRUVÉ, *De l'architecture*, trad. MAUFRAS C.-L., Paris, Panckoucke, 1848, tome 2, 580 p.
- WILKINS A., MORGAN L., 2000, « 'Scorpio and cheiroballistra' », in: CROOM A.T., GRIFFITHS W.B. éd., *Re-enactment as research, Proceedings of the twelfth international Roman military equipment conference, South Shields, 24th-26th sept. 1999*, Duns, Berwickshire, Armatura Press, p. 77-102 (*Journal of roman military equipment studies*, 11-2000).