

CONTRIBUTIONS HISTORIQUES AUX TECHNIQUES ET AUX TECHNOLOGIES DES PIÈCES EN FER DU MOYEN ÂGE DÉCOUVERTES DANS LA ZONE SEPTENTRIONALE DE LA MOLDAVIE*

EMIL IOAN EMANDI
NICOLAE BĂNCESCU

Les recherches historiques et archéologiques axées ces derniers temps sur l'investigation de la création technico-scientifique¹ ont démontré, à tous les niveaux chronologiques de la recherche et sur tous les plans culturels définis, que celle-ci représente l'élément de base de la structure sociale et du progrès de la civilisation. La création de valeurs techniques nouvelles, en mesure de satisfaire les besoins et les aspirations — d'une variété toujours accrue — de l'homme a eu pour résultat de perfectionner et de diversifier sans cesse les méthodes et les technologies employées dans le but d'accroître la productivité du travail. Pour parvenir à une appréciation objective des méthodes et des technologies utilisées en général dans une aire déterminée — en l'espèce la partie nord de la Moldavie — il nous a fallu relever la totalité des traits prioritaires et précurseurs des réalisations autochtones, identifier un certain nombre de contributions et de progrès obtenus indépendamment de ceux d'autres pays, ainsi qu'examiner les phénomènes de rayonnement et d'assimilation de certaines des réalisations identifiées soit chez nous, soit dans des zones géographiques avoisinantes. En comparaison de l'étude d'autres branches de l'économie, nous avons constaté que non seulement sur le territoire de la Roumanie², mais aussi dans d'autres pays³ la production artisanale en général et le cadre technique et technologique de celle-ci en particulier ont été relativement peu pris en considération, beaucoup d'études se contentant de prendre acte telles quelles des données fournies par les documents écrits ou archéologiques, sans plus recourir à d'autres méthodes spécialisées d'analyse métallographique, chimique et physique, quantitative et qualitative, susceptibles finalement de reconstruire ce cadre dans toute sa complexité. En fait, ainsi que l'a précisé André Leroi Gourhan⁴, c'est la détermination précise de ce cadre qui est en mesure de révéler le stade de civilisation auquel se trouvait la société humaine à un moment donné de son évolution.

Dans le cas présent, la recherche a eu pour point de départ l'analyse matérielle du cadre technique, par une détermination chronologique assez serrée — au niveau des faits de civilisation — des principaux types d'instruments de travail utilisés au cours du moyen âge : pièces en fer provenant de constructions ; objets en fer d'usage courant ; outils en fer ; objets d'armement, d'équipement militaire et de harnachement en fer ; autres objets en fer. Parallèlement, nos

* Communication tenue au XVI^e Congrès International de l'Histoire de la Science : Emil Ioan Emandi, Nicolae Băncescu, dans *Proceedings. A. Scientific Sections, București, 1981*, p. 48.

Nous mentionnons que les analyses métallographiques ont été effectuées au Laboratoire de la Faculté de Technologie des Constructions mécaniques, Suceava, par Nicolae Băncescu, ingénieur assistant.

¹ C. C. Giurescu, *Contribuții la istoria științei și tehnicii românești în secolele XV–XIX*, București, 1973 ; Vasile Neamțu, *La technique de la production céréalière en Valachie et en Moldavie jusqu'au XVIII^e siècle*, București, 1975 ; Aurel Chiriac, *Ferrierie populară din Bihor*, Oradea, 1978 ; Emil Ioan Emandi, *Studii Sibiu, II*, 1981, p. 19–65 ; I.M. Ștefan, Edmond Nicolau, *Scurtă istorie a creației științifice și tehnice românești*, București, 1981 ; Horia Colan, Noelsis,

3, 1975, p. 85–99 ; Șt. Olteanu, N. Neagu, D. Șeclăman, *SCIVA*, 32, 1981, 2, p. 218–232.

² Ștefan Pascu, *Meșteșugurile din Transilvania până în secolul al XVI-lea*, București, 1954 ; Ștefan Olteanu, Constantin Șerban, *Meșteșugurile din Țara Românească și Moldova în evul mediu*, București, 1969 ; Petre Diaconu, Silvia Baraschi, *Păcuil lui Soare, II*, București, 1977, p. 165–171 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *Orașul medieval Baia în secolele XIV–XVII*, Iași, 1980, p. 58–78.

³ B.A. Kolkin, *Černaja metallurgia i metalloobrabotka v drevnei Rusi*, 32, 1953 ; M. Daumas et collab., *Histoire générale des techniques*, I–II, Paris, 1962, 1965 ; Rolf Sprandel, *Das Eisengewerbe in Mittelalter*, Stuttgart, 1968 ; Manfred Beckert, *Welt der Metalle*, Leipzig, 1977.

⁴ André Leroi-Gourhan, *Evolution et techniques. L'homme et le métier*, Paris, 1971, p. 57–58.

recherches ont été complétées par une analyse métallographique complexe, susceptible de révéler en dernière instance les mutations profondes survenues dans le cadre technique et technologique, sur le plan socio-économique et culturel, ainsi que dans la structure du progrès technique, en ce qui concerne le perfectionnement des moyens de travail. A cet égard, nous avons considéré que, sur la totalité des types de pièces analysés (annexe 1), certains d'entre eux représentent des documents complexes, d'indéniable valeur scientifique. En partant des résultats obtenus dans ce domaine⁵ et des données nouvelles fournies par les pièces découvertes à l'occasion des fouilles archéologiques faites à Suceava⁶, Baia⁷ et dans la dépression de Liteni (à Zaharești, Liteni, Vorniceni-Tulova, Drăgoești)⁸, nous avons tâché d'établir une corrélation entre les données offertes par la chronologie relative admise et les recherches métallographiques de laboratoire, dans le but de passer des énoncés de pure constatation à ceux de corrélation et d'interprétation. Par leur facture et leur variété typologique, les pièces découvertes et soumises à l'analyse métallographique expriment en premier lieu l'état de la production artisanale et le niveau atteint par celle-ci au cours de différentes périodes. Ainsi, pour la période comprise entre le XI^e et le XVII^e siècle, nous avons pu distinguer deux étapes de progrès technique et technologique, durant lesquelles la diffusion et la commercialisation des pièces doivent, pour la zone nord de la Moldavie, être mises en liaison avec la Transylvanie (Bistrița et Brașov)⁹ et avec le sud de la Pologne¹⁰, zones qui pendant tout le moyen âge ont été soumises à des interférences dues aux échanges de produits. De même, nous avons précisé les principales techniques utilisées, la provenance de certains outils, ainsi que les rapports chronologiques entre la forme de certaines pièces et les procédés employés pour leur réalisation.

I. MÉTHODES DE RECHERCHE

Dans l'étude des principaux types de pièces (annexe I) nous avons employé, outre les méthodes classiques de la recherche historique, d'autres procédés d'investigation qui nous ont fourni des indications précieuses quant à la composition chimique, à la structure, à la dureté, aux propriétés mécaniques et aux procédés métallurgiques employés. Dans trois échantillons, les déterminations spectroscopiques ont révélé soit le manque de P, de S, de Cr, de Ni, de Mo et de W, soit la présence de Mn (0,40 %), de Si (0,10 %), de Fe (85,05 %), de Zn (6,11 %), de Co (0,45 %), de Ni (1,16 %), de Mg (2,11 %), de Cu (2,40 %), de Na (1,03 %), de Pb (1,14 %), de V (0,05 %). L'analyse chimique qualitative a été effectuée à l'aide d'un spectroscope TSP-22, avec un arc fixé entre la pièce étudiée et une électrode de graphite. Le fer et l'acier obtenus à partir d'éponges de fer ou de loupes avaient un contenu moyen de Si de 0,02 %. Le contenu de carbone a été déterminé par calcul au moyen de micrographes. La moyenne obtenue a servi à l'évaluation de la qualité du matériel et de ses propriétés physico-mécaniques. Les analyses de microstructure ont été effectuées à l'aide d'un microscope optique du type MC-5A grossissant 120 fois. L'attaque des échantillons métallographiques a été faite au nital (une solution d'acide azotique de 4 % dans de l'alcool éthylique). Les mesures de dureté, enfin, ont été faites selon la méthode Vickers, avec une charge de 5 daN/mm².

II. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

Nous avons soumis à l'investigation métallographique un lot de 83 pièces de fer, représentant 32 types (annexe 1), différents fonctionnellement et chronologiquement, ainsi que quelques fragments de scories. Les 83 pièces proviennent des sites archéologiques de Suceava, Zaha-

⁵ Voir note 2 et D. Prodan, *Anuar Cluj*, 1-2, 1958-1959, p. 31 et suiv.; Șt. Olteanu, *RevMuz*, 2, 1967, p. 117-125; idem, *StMatSuceava*, 3, 1973, p. 113-117; Ion Istudor, *RevMuz*, 4, 1964, p. 359-363; Gh. Ștefan, I. Barnea, Maria Comșa, Eug. Comșa, *Dinogetia*, I, București, 1967, p. 67-80.

⁶ Trifu Martinovici, *SCIV*, 12, 1961, 2, p. 315-334; Gh. Diaconu, N. Constantinescu, *Cetatea Scheia*, București, 1960; Mircea D. Matei, *Contribuții arheologice la istoria orașului Suceava*, București, 1963; idem, *Studii de istorie orășenească medievală (Moldova sec. XIV-XVI)*, Suceava, 1970, p. 83-111.

⁷ Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 58 et suiv.

⁸ Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *Habitatul medieval rural din Valea Moldovei și bazinul Șomuzului Mare*, București, 1982.

⁹ I. Nistor, *Die auswärtigen Handelsbeziehungen der Moldau im XIV.-XV. und XVI. Jahrhunderts*, Gotha, 1911; Emil Diaconescu, dans *Lucrările Societății geografice, D. Cantemir*, III, Iași, 1939, p. 36 et suiv.; Radu Manolescu, *Comerțul Țării Românești și Moldovei cu Brașovul (secolele XIV-XVI)*, București, 1965; Octav Monoraru, Emil Ioan Emandi, *AnuarSuceava*, 5, 1978, p. 253-267.

¹⁰ Șt. Inglot (sous la direction), *Historia chłopów polskich*, I, Wrocław, 1970, p. 134 et suiv.; Dan Mihail, *ActaMN*, 11, p. 151-168; idem, *ActaMN*, 12, 1975, p. 203-218; Pop Francisc, *ActaMN*, 13, 1976, p. 351-371.

rești, Liteni et Vorniceni ; elles datent pour la plupart de la période des XIV^e — XVI^e siècles. Les pièces, qui étaient recouvertes d'une couche de produits de corrosion, d'une gangue de terre et de sels minéraux, ont été nettoyées mécaniquement, après quoi un certain nombre de types ont subi des schliffs métallographiques, autant dans les zones où s'exerce l'effort mécanique maximum que dans des zones moins éprouvées. Les recherches ont démontré que les 32 types (annexe 1) ont été confectionnés suivant des techniques diverses, comportant, en fonction de la destination de la pièce et de son époque, des technologies spéciales de durcissement superficiel des parties actives (traitements thermiques ou thermochimiques). Ainsi, pour la période comprise entre le XI^e et le XVIII^e siècle, nous avons établi, pour les 83 pièces soumises à l'étude, deux étapes de progrès technique¹¹ et 4 techniques de confection.

III. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Nous ne sommes pas encore en mesure, au stade actuel des recherches, de nous prononcer avec certitude sur tous les détails liés à l'exploitation, la réduction et la métallurgie du minerai de fer. Il est difficile, dans cet ordre d'idées, de préciser d'où et dans quelles conditions les habitants se procuraient le minerai de fer, point des plus importants pour l'évaluation du phénomène socio-économique de la Moldavie et du rapport entre les villes et les campagnes à l'époque respective. Les recherches des années précédentes à Suceava avaient révélé l'existence d'un four de réduction du minerai¹² ; en échange, les récentes investigations faites à Baia¹³, Liteni et Vorniceni-Tulova¹⁴ n'ont pas réussi, malgré les efforts insistants des fouilleurs, à mettre au jour de tels vestiges, bien qu'il n'y ait point de publication sur les recherches archéologiques faites dans les sites du nord de la Moldavie qui ne mentionne la découverte de quantités appréciables de déchets métalliques¹⁵. La présence dans différents sites médiévaux de fragments de scories, de restes de charbon et de cendre, ainsi que de feuilles métalliques en cours d'usinage ne doit pas, à notre avis, être mise en liaison directe avec la réduction du minerai de fer¹⁶, mais plutôt avec les opérations portant sur les loupes. De même, nous ne pouvons souscrire à l'idée que l'on ait pu pratiquer au moyen âge, dans la zone septentrionale de la Moldavie, l'exploitation du minerai de la zone cristalline des Carpates Orientales (Iacobenii, Broșteni, Cîrlibaba, Șaru Dornei, Holdița, Fundu Moldovei)¹⁷. En revanche, nous sommes prêts à admettre qu'il était possible au moyen âge d'exploiter sur le plan local les lentilles ferrugineuses des strates tertiaires (la sidérite, qui contient 30–40% de Fe)¹⁸ et du fer trouvé à proximité des tourbières (la limonite, qui contient 60% de Fe)¹⁹. Des données documentaires certaines²⁰, confirmées par une série d'ouvrages²¹, assignent, pour la zone nord de la Moldavie, l'exploitation du minerai de fer (limonite et magnétite) dans les Carpates Orientales à la seconde moitié du XVIII^e siècle, date à laquelle un consortium de boyards exploitait une mine de fer près de Iacobenii²². Il ressort des statistiques du Ministère du Commerce d'Autriche qu'en 1784, en considération du minerai de manganèse extrait de la mine d'Arșița, près de Iacobenii, furent mis en œuvre les premiers hauts fourneaux pour la réduction du fer²³. Ni les statistiques, ni les documents autrichiens étudiés jusqu'à présent ne mentionnent une exploitation anté-

¹¹ Rolf Sprandel, *op. cit.*, p. 17–21 ; Emil Ioan Emandi, *Studii Sibiu*, II, 1981, p. 20–21.

¹² Trifu Martinovici, *op. cit.*, p. 325.

¹³ Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 51.

¹⁴ Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *Materiale Tulcea*, p. 549–557.

¹⁵ Voir notes 6, 8, 14 et Dan Gh. Teodor, *Teritoriul est-carpatic în veacurile V–XI e.n.*, Iași, 1978, p. 100–143 ; Victor Spinei, *SCIV*, 21, 1970, 4, p. 596–617 ; idem, *Hierarsus-Botoșani*, 1980, p. 220–242 ; Dan Gh. Teodor, Eug. Neamțu, Victor Spinei, *ArhMold*, 6, 1969, p. 188–210 ; Stela Cheptea, *ArhMold*, 7, 1972, p. 345–357 ; Victor Spinei, Rodica Popovici, *Din trecutul județului Botoșani*, Botoșani, 1974, p. 115–130 ; Dan Gh. Teodor, I. Ioniță, *ArhMold*, 5, 1967, p. 309–327 ; Emil Ioan Emandi, *RevMuzMon*, 1, 1981, p. 65–83 ; Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *SCIVA*, 31, 1980, 1, p. 587–597 ; Adrian Bătrîna, Emil Ioan Emandi, *AnuarSuceava*, 5, 1978, p. 198–203 ; Lia Bătrîna, Adrian Bătrîna, *Anuar Suceava*, 5, 1978, p. 161–179 ; Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *Anuar Suceava*, 5, 1978, p. 226–235 ; Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *Anuar Suceava*, 4, 1977, p. 105–118 ; Mircea D. Matei, Emil Ioan Emandi, *SCIVA*, 28, 1977, 4, p. 554–576 ; Mircea D. Matei, Emil

Ioan Emandi, *SCIVA*, 27, 1976, 1, p. 98–101 ; N. Zaharia, M. Petrescu-Dîmbovița, Em. Zaharia, *Așezări din Moldova de la Paleolitic până în sec. al XVIII-lea*, București, 1970 ; Al. Păunescu, Paul Șadurschi, V. Chirica, *Repertoriul arheologic al județului Botoșani*, I–II, București, 1976 ; Al. Vasilescu, *StMatSuceava*, 1, 1969, p. 44–63 ; Mircea D. Matei, Al. Rădulescu, *StMatSuceava*, 3, 1973, p. 271 et suiv. ; Lucian Chițescu, *RevMuzMon*, 3, 1975, p. 48–53 ; Emil Ioan Emandi, *SCIVA*, 30, 1979, 2, p. 261–269 ; idem, *SCIVA*, 30, 1979, 3, p. 378–392.

¹⁶ Emil Ioan Emandi, Nicolae Băncescu, *op. cit.*, p. 48.

¹⁷ N. Maghiar, Șt. Olteanu, *Din istoria mineritului în România*, București, 1970, p. 48–49.

¹⁸ Mircea Guran, *Fierul*, București, 1970, p. 26–27.

¹⁹ *Ibidem*.

²⁰ Archives de l'Etat-Suceava, fonds « Mitropolia Bucovinei », S 2/5, dossier 4/1981, p. 1.

²¹ Gavril Irimescu, *AnuarSuceava*, 8, 1981, p. 247 et suiv. ; I. Dirdală, *Revista minelor*, 21, 1970, 4, p. 169.

²² N. Maghiar, Șt. Olteanu, *op. cit.*, p. 183 ; I. Dirdală, *op. cit.*, p. 168.

²³ Archives de l'Etat-Suceava, fonds « Mitropolia Bucovinei », section 2/5, dossier 4/1981, p. 1.

rière du minerai de fer dans cette zone ²⁴. Au cours des années suivantes, ces « entreprises de terrains miniers » furent achetées par l'entrepreneur Anton Manz moyennant 300 000 florins ²⁵. Vu l'importance de la demande — non seulement de Bucovine, mais aussi des autres provinces de l'Autriche — pour les « rails de fer », Manz faisait venir du minerai de fer de Transylvanie ²⁶, celui de la zone étant insuffisant. Etant donné cette situation, ainsi que les stipulations des premiers actes émis par la chancellerie princière de Moldavie (de 1408, 1414 et 1460) ²⁷, à savoir que pour « le fer, les couteaux, les faux, les faucilles, les glaives, l'acier, les fers de charrues » venant de Lemberg, Bistrița et Brașov la douane principale serait perçue d'abord à Suceava, il y a lieu de croire que durant toute la période du XV^e au XVII^e siècle — lorsque les besoins de métal se sont accrus considérablement à la suite du développement de la production céréalière et de l'extension du marché, et que la productivité et la spécialisation des métiers se sont accrues également — l'insuffisance des réserves de métal et le mauvais fonctionnement du système d'exploitation ne permettaient pas à la société féodale de ce temps de couvrir ses besoins, considérablement accrus, par les seules ressources locales. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'une série de documents des XV^e — XVII^e siècles, concernant surtout les relations commerciales de la Moldavie avec Bistrița et Brașov, fassent mention des matières premières (le fer), de la quincaillerie (ustensiles artisanaux et agricoles), des armes (épées, glaives, boucliers, lances, fusils) et des pièces du harnais importées de ces deux villes à la demande insistante du marché moldave ²⁸. Un témoignage significatif à cet égard, autant par son importance historique que par son ancienneté, est le document de 1419 par lequel les habitants de Brașov expriment au roi Sigismond leur mécontentement ²⁹ de ce qu'on leur ait restreint « leurs anciennes libertés et coutumes », plus précisément « la liberté qu'ils avaient eue de tout temps de transporter ... dans les parties susmentionnées de la Moldavie ... les objets en fer et des marchandises de toutes sortes ». La découverte, à Suceava et à Baia ³⁰, de bèches utilisées dans l'exploitation minière, ainsi que de cuillers en fer également, ne saurait, selon nous, être attribuée forcément à l'exploitation et à la réduction du minerai de fer, car ces ustensiles pouvaient tout aussi bien être destinés à l'exploitation de minerais de métaux nobles (qui sont attestés dans la zone) ³¹, ou bien au coulage du fer et non pas à la réduction du minerai. L'examen chimique d'échantillons de scories ferrugineuses ³² a révélé la présence dans leur composition des éléments suivants : Fe 18,63 %, FeO 13,21 %, SiO₂ 16,12 %, CaO 23,24 %, P₂O₅ 0,5 %, Mn 0,16 %, V 0,05 %, S 0,9 %. La présence de certains éléments dans la composition des scories (phosphates, soufre, etc.) nous fait supposer que dans la zone nord de la Moldavie on exploitait peut-être des minerais tels que la limonite ou la sidérite, par la mise en valeur des lentilles ferrugineuses d'origine sédimentaire-alluviale (les « dépôts sarmates ») ³³ à riche contenu de silicates de fer (35—40 %), ainsi que par celle des tourbières ³⁴. Les silicates de fer à contenu élevé de fer ne sont pas concentrés, mais dispersés dans la masse des formations sédimentaires de la plate-forme de Suceava ; ils sont de couleur brune ou rouge, avec un éclat vitreux ; leur poids spécifique est de 3,9 gf/cm³. La limonite est un matériel amorphe, d'une composition semblable à celle de la sidérite, plus certaines quantités de Ca, Mg, Mn, Si, Al, P et V, qui apparaît sous forme d'agréats terreux, oolithiques et fibreux, de couleur jaune, ocre, brune ou noire ; elle a été signalée dans les tourbières de Lozna, Dersca et Poiana Stampei ³⁵. Un fait qui nous a paru significatif, c'est, en comparaison de l'analyse chimique des scories provenant de Baia et de Suceava ³⁶, la présence d'autres éléments (Cr₂O₃, MgO, MnO₂, NiO, Al₂O₃) que ceux susmentionnés, caractéristiques des minerais du type de la magnétite signalés et exploités beaucoup plus tard (XVIII^e siècle) dans la

²⁴ P. S. Aurelian, *Bucovina, descriere economică*, București, 1876, p. 59 ; Bruno Walter, *Die Erzlagerstätten der südlichen Bukowina*, Cernăuți, 1876 ; Precilei Epaminonda, dans *Calendarul « Glusul Bucovinei »*, 1921, Cernăuți, p. 133.

²⁵ Voir note 23.

²⁶ Rudolf Wagner, *Die Reisetagebücher des österreichischen Kaiser Franz I in die Bukowina*, München, 1979, p. 66—70.

²⁷ M. Costăchescu, *Documente moldovenești înainte de Ștefan cel Mare*, II, Iași, 1932 : p. 631 ; N. Iorga, *Comerțul românesc*, I, București, 1937, p. 92 ; I. Bogdan, *Documentele lui Ștefan cel Mare*, București, 1913, p. 277—278.

²⁸ E. Hurmuzachi, *Documente privitoare la istoria românilor*, XV/1—2, București, 1911, 1913 ; N. Iorga, *Documente românești din arhivele Bistriței*, Ière — II^e parties, București, 1899 ; Radu Manolescu, *op. cit.*, p. 143—168.

²⁹ DRH, D, I, București, 1977, p. 206—207.

³⁰ Trifu Martinovici, *op. cit.*, p. 321 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 49—50.

³¹ Raimund Friedrich Kaindl, *Geschichte der Bukowina*, Cernăuți, 1904, p. 67—70 ; N. Ceredaric, *Din istoria exploatării aurului și argintului în Moldova* (mss.) — Archives scientifiques du Musée d'histoire-Suceava ; Șt. Olteanu, *Rev Ist*, 31, 1981, 3, p. 480 et suiv.

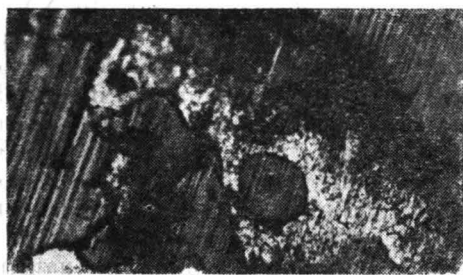
³² Les analyses chimiques ont été effectuées par Zenovia Catargiu et Mihai Grămăticu, du Laboratoire zonal de Restauration et de l'Institut d'Enseignement Supérieur. Nous leur adressons nos remerciements par cette voie.

³³ N. Oncescu, *Geologie*, București, 1957, p. 218 ; D. Rădulescu, R. Dimitrescu, *Mineralogia topografică a României*, București, 1966, p. 83—90.

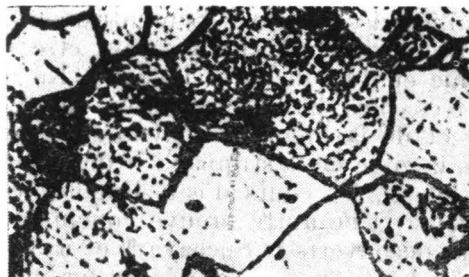
³⁴ Dan. Gh. Teodor, *op. cit.*, p. 76—77, 108—109 ; A. Pop, *Studii și comunicări de ocrotirea naturii*, 5, 1981, p. 262—267.

³⁵ *Ibidem*.

³⁶ Trifu Martinovici, *op. cit.*, p. 321 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 275 (annexe 8).



1



2

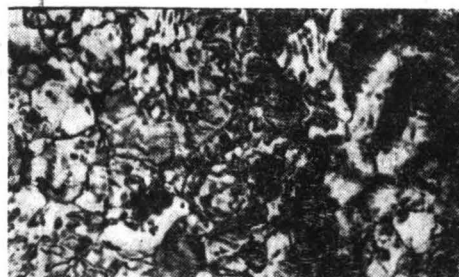


3

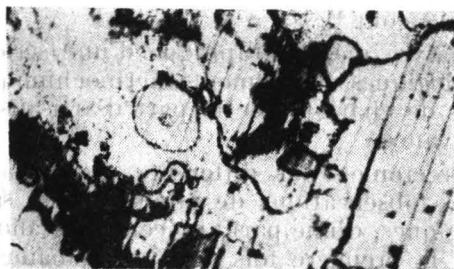
Fig. 1. Couteaux de fer : 1 section au niveau de la lame, F 95 %, P 5 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 2 section au niveau du manche, F 98 %, O 2 % (Vorniceni, XIV–XV^e siècles) ; 3 section au niveau du tranchant, F 95 % ; O 5 % (Vorniceni, XI^e–XII^e siècles).



1



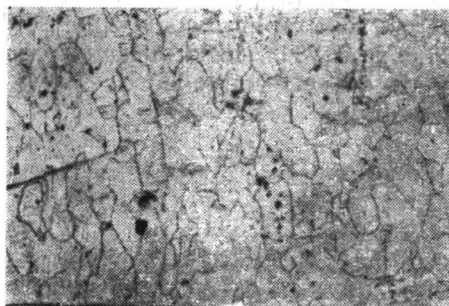
2



3



4



5

Fig. 2. Flèches de fer : 1 section au niveau de la pointe, F 96 %, P 4 % (Liteni, XV^e siècle) ; 2 section au niveau du pédoncule, F 99 %, O 1 % (Liteni, XV^e siècle) ; 3, 4 dans la zone moyenne, F 99 %, O 1 % (Liteni, XV^e siècle) ; 5 section dans la zone de la pointe, F 96 %, silicates 4 % (Liteni, XV^e siècle),

zone cristalline des Carpates Septentrionales. La provenance de ce minerai, du XV^e au XVII^e siècle, dans les sites mentionnés peut être mise en liaison avec les loupes de fer apportées de Transylvanie et du sud de la Pologne. En dehors des données géologiques et des analyses chimiques citées plus haut, l'hypothèse de l'exploitation locale des minerais de fer du type de la sidérite et de la limonite est confirmée par une série de documents qui mentionnent l'existence dans la zone des « stuppae »³⁷ de toponymes tels que les localités de Baia de Fier³⁸, Băișești et Rudești, les cours d'eau Ruginea et Roșu, la Vallée du Fer, les collines de Negru et Cărbunarilor³⁹. Une autre preuve concluante de la réduction du minerai dans la zone, ce sont les creusets découverts à Suceava⁴⁰ et à Vorniceni (fig. 25/11), dont les dimensions très réduites attestent les petites quantités de fer obtenues par réduction du minerai, quantités utilisées surtout pour l'exécution des objets d'usage courant, ainsi qu'il ressort de leur structure et de leur composition chimique. Par réduction directe⁴¹ de la sidérite et de la limonite on obtenait de l'éponge de fer, au moyen d'une technologie relativement simple et à une température modérée (1000–1100°C). L'amalgame spongieux de granules de fer, d'oxydes et de matière stérile qui en résultait était ensuite purifié par forgeage. A l'appui de cette hypothèse de la provenance locale de certaines pièces, surtout en milieu rural, nous mentionnerons les structures métallographiques de certaines pièces à fort pourcentage d'inclusions disposées en bandes dans la direction du laminage à la forge, ce qui dénote non seulement la qualité inférieure du minerai employé, mais aussi le niveau technique rudimentaire du travail, ainsi que la maladresse et le manque d'expérience de l'exécutant. A noter que la composition chimique de ces pièces (en particulier des couteaux) est la même que celle des scories produites par la réduction de la sidérite. Il convient de préciser également que, dans la structure de ces pièces, le degré de carburation du fer est très peu uniforme, en raison de l'incapacité des forgerons à doser correctement ce processus lors de la réduction du minerai. En dehors de ces observations, soulignons encore que, sur le total de 83 pièces analysées, on constate pour près de 75% d'entre elles (outils, armes, équipement militaire, pièces du harnais) l'emploi d'un matériel de qualité supérieure : des loupes de fer obtenues à partir d'un minerai (magnétite) à contenu élevé de fer (72,4%) et à propriétés mécaniques très bonnes. Du point de vue métallurgique, la magnétite est un minerai difficilement réductible, car la réduction réclame des températures élevées et beaucoup d'adresse et d'expérience de la part des exécutants. La même constatation a pu être faite sous le rapport chimique, par comparaison de la composition des scories produites par la décarburation des loupes métalliques (obtenues à partir de la magnétite) et celle d'une série de pièces (Fe 75, 21%, Ni 3,4%, Mg 2,46%, Zn 6,46%, Co 7,55%, Mn 1,02%), confectionnées sur les lieux ou importées. Les recherches documentaires et archéologiques ayant trait directement aux ouvriers et aux métiers spécialisés et diversifiés de Baia et de Suceava⁴² attestent les progrès incontestables obtenus dans ce domaine. En effet, certains artisans étaient envoyés à Bistrița « pour y faire leur apprentissage », tandis que d'autres (spécialistes en réduction, forgeage et cémentation du fer) étaient retenus par le prince pour les besoins de la cour⁴³.

Toutes ces données sont confirmées par l'analyse métallographique d'une série de pièces, qui atteste de réelles qualités techniques et technologiques (traitement thermochimique, trempe, soudure de deux matériaux à quantités différentes de charbon) de la part d'artisans spécialisés, possesseurs d'un bagage de connaissances assez avancé.

Si certaines études ont mis en évidence directement les différents procédés technologiques⁴⁴, tandis que d'autres n'ont présenté que les observations de laboratoire⁴⁵, sans faire la liaison entre les données documentaires et archéologiques, d'une part, et celles métallographiques, de l'autre, la présente étude vient présenter, pour la première fois dans ce domaine de recherche, les procédés techniques utilisés en rapport avec la chronologie de chaque type de pièce. A partir de ces données, nous avons pu établir dans la zone septentrionale de la Moldavie, pour la période comprise entre le XI^e et le XVII^e siècle, deux étapes de progrès technique et technologique caractérisant la société féodale de cette période.

³⁷ DIR, A, Moldova, secolul XIV–XV, I, p. 228 ; DIR, A, Moldova, secolul XVI, II, p. 3–4.

³⁸ D. Ciurea, SCȘIași, 3–4, 1955, p. 33–34 ; Archives d'Etat-Suceava, Mănăstirea Putna, 1/36.

³⁹ Prelci Epaminonda, dans *Calendarul « Glasul Bucovinei »*, 1921, Cernăuți, p. 131–132 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 48–50 ; Em. Grigorovitz, *Dicționarul geografic al Bucovinei*, București, 1908, p. 184.

⁴⁰ Materiale, 8, 1962, p. 752–756 ; Trifu Martinovici,

op. cit., p. 330.

⁴¹ B. A. Kolčîn, *op. cit.*, p. 21–22.

⁴² Șt. Olteanu, C. Șerban, *op. cit.*, p. 125.

⁴³ Cf. Sommer, *Vita Iacobi Despotee*, édition, E. Legrand, Deux vies de Jacques Basilicos, Paris, 1889, p. 47.

⁴⁴ Șt. Olteanu, C. Șerban, *op. cit.*, p. 63–68, 125–128.

⁴⁵ Petre Diaconu, Silvia Baraschi, *op. cit.*, p. 161–171 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 274–275.

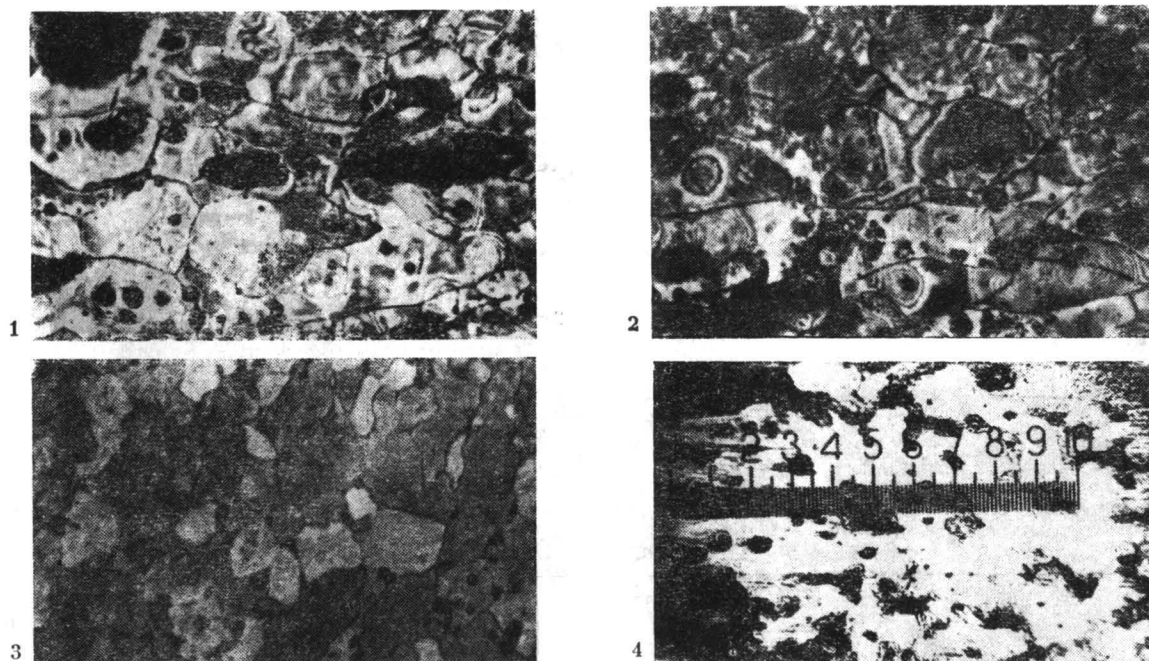


Fig. 3. Éperons à tige courte et moyenne, de fer : 1 section dans la zone du bras, F 98 %, O 2 % (Suceava, XIV^e–XV^e siècles) ; 2 section en tige, F 96 %, O 4 % (Suceava, XIV^e–XV^e siècles) ; 3 section en petite roue, F 96 %, P 4 % (Suceava, XV^e siècle) ; 4 section dans la zone du bras, F 92 % O 8 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).

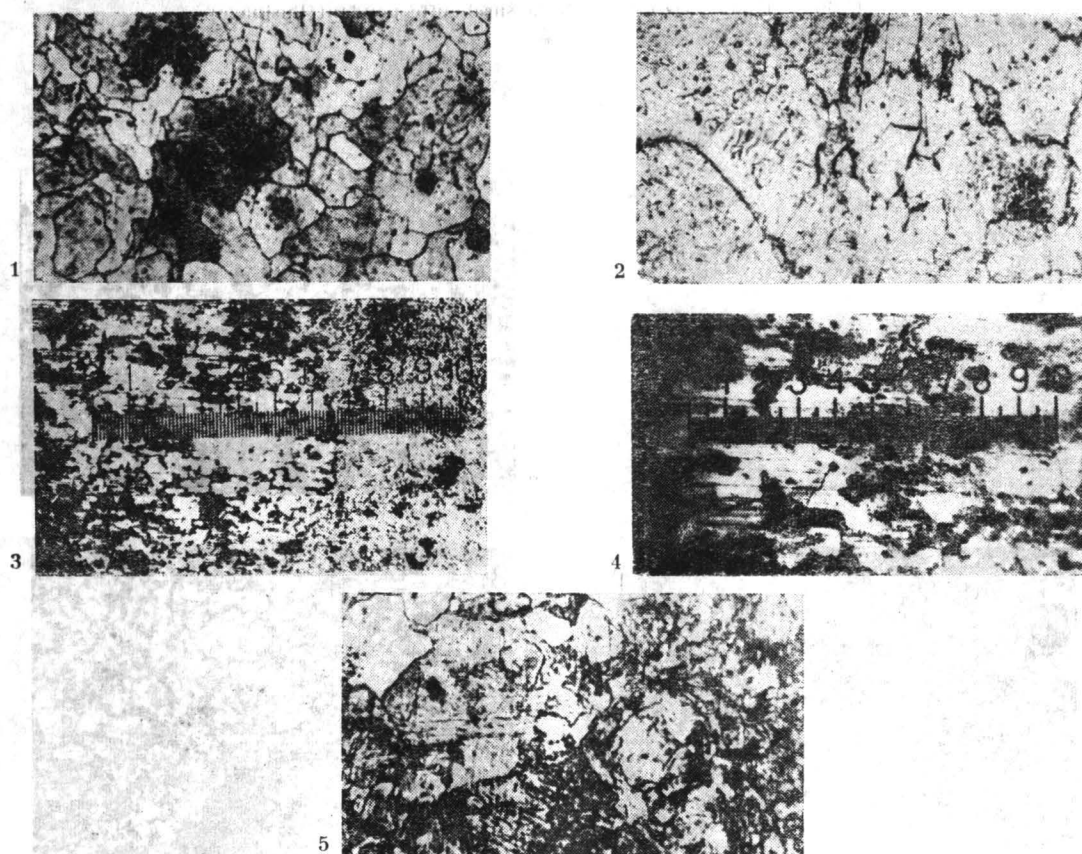


Fig. 4. Objets de fer : 1 ciseaux, structure ferritique 95 %, P 5 % (Suceava, XVII^e siècle) ; 2 fer à cheval, structure ferritique 96 %, P 4 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 3 gros clou, structure ferritique 94 %, P 2 %, O 4 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 4 chène pour chevette, structure ferritique 97 %, P 3 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5 fer à cheval, structure ferritique 98 %, P 2 % (Suceava, XVI^e siècle).

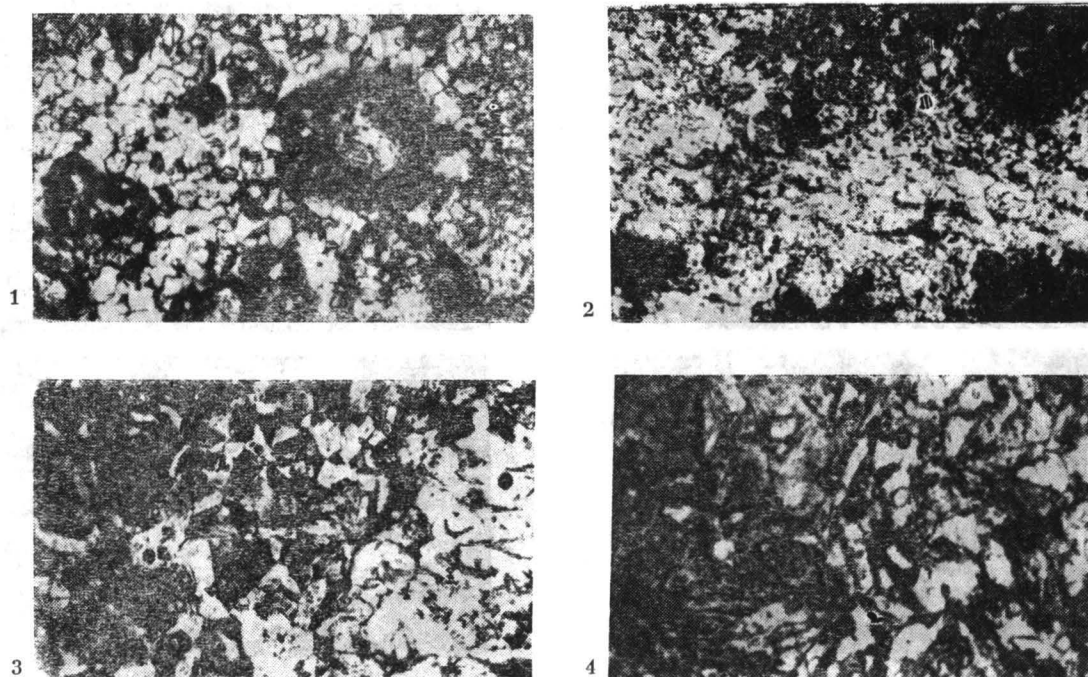


Fig. 5. Couteau confectionné en acier bloc (Vorniceni, XIV^e—XV^e siècles) : 1 structure du matériel de base F 50 %, P 50 % (section de la lame du couteau) ; 2, 3 structure du matériel de base F 50 %, P 50 % (section exécutée dans la lame et le manche du couteau) ; 4 structure Widmannstätten, F 60 %, P 40 % (par suite de la surchauffe pendant l'usinage).

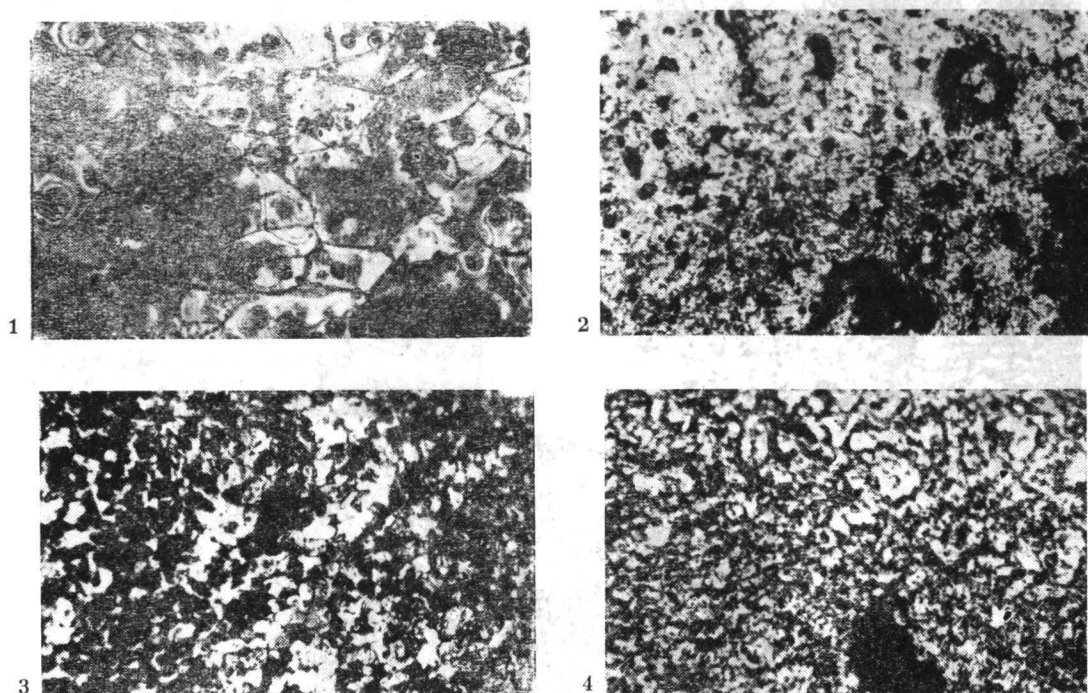


Fig. 6. Flèches confectionnées en acier bloc et bandes : 1,2 section dans la zone de la pointe, F 60 %, P 40 % acier bloc (Vorniceni, XIV^e—XV^e siècles) ; 3 section dans la zone de la pointe, F 40 %, P 60 %, acier bloc, structure de sorbite (Zaharești, XVI^e siècle) ; 4 section dans la zone de la pointe, P 55 %, F 45 %, acier bandes (Liteni, XV^e siècle).

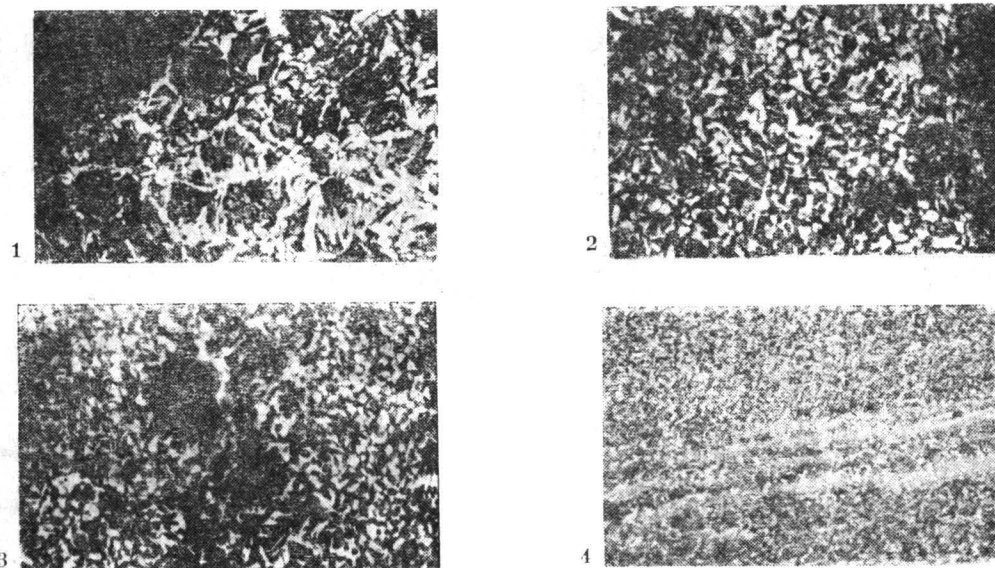


Fig. 7. Couteaux confectionnés en acier bandes : 1 section de la lame du couteau, structure Widmannstätten, F 30 % P 70 % (Liteni, XV^e siècle) ; 2,3 section dans le matériel de base, F 30 %, P 70 % (Liteni, XV^e siècle) ; 4 section de la lame, P 70 %, F 30 %, acier bandes (Liteni, XV^e siècle).

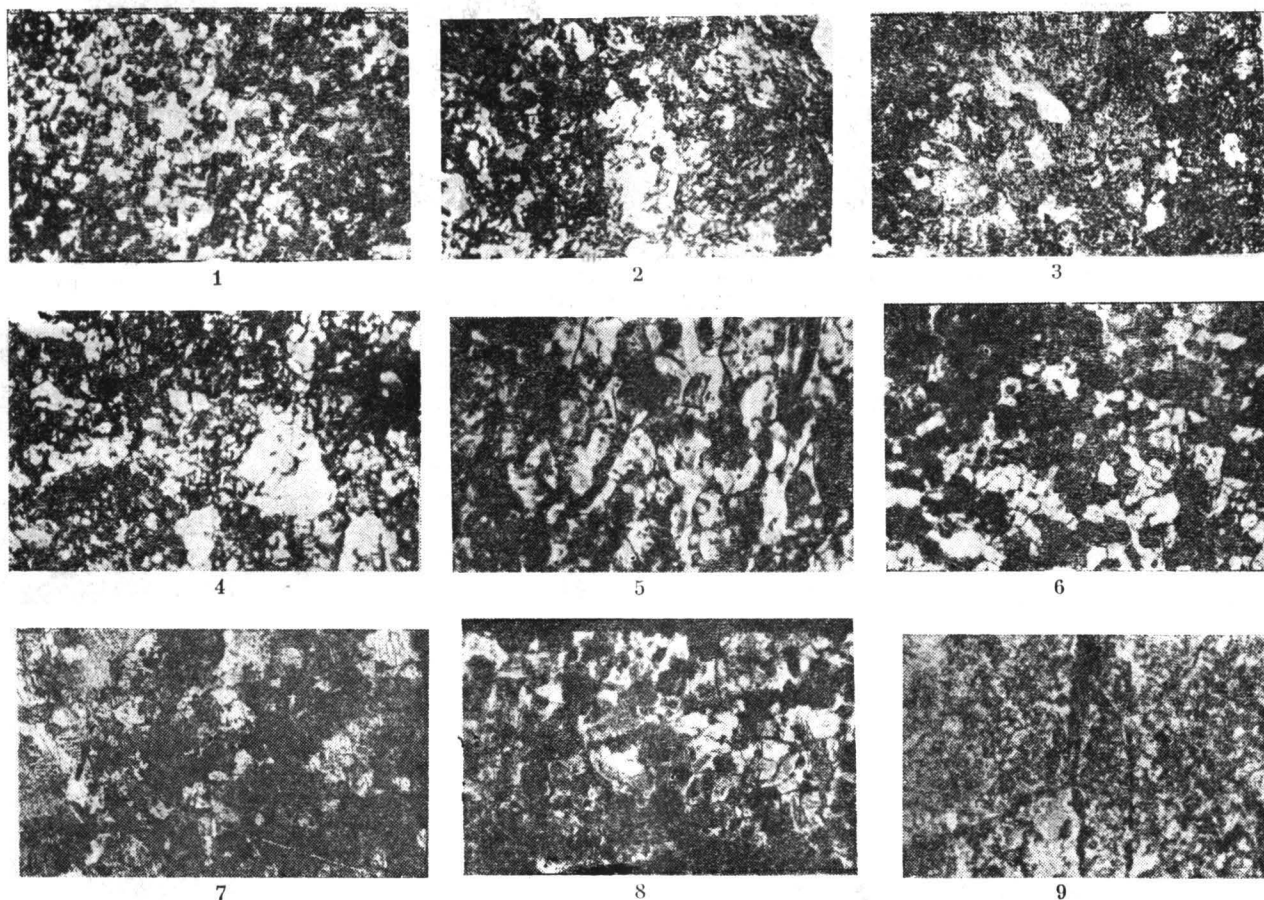


Fig. 8. Objets confectionnés en acier bloc ou bandes : 1 faucille, F 50 %, P 50 %, acier bloc (Vorniceni, XIV^e—XV^e siècles) ; 2,3 petite hache-modèle, section dans le matériel de base, F 65 %, P 35 %, acier bandes (Vorniceni, XIV^e—XV^e siècle) ; 4 petite hache-modèle, structure Widmannstätten (Vorniceni, XIV^e—XV^e siècles) ; 5 petite hache-modèle, F 60 %, P 40 % acier bandes (Suceava, XV^e—XVI^e siècles) ; 6 pointe de flèche, F 40 %, P 60 %, acier bandes (Plăvălari, XIII^e—XIV^e siècles) ; 7,8 lime, F 30 %, P 70 %, acier bloc (Suceava, XV^e siècle) ; 9 chassis de bêche, F 60 %, P 40 %, acier bandes (Suceava, XV^e siècle).

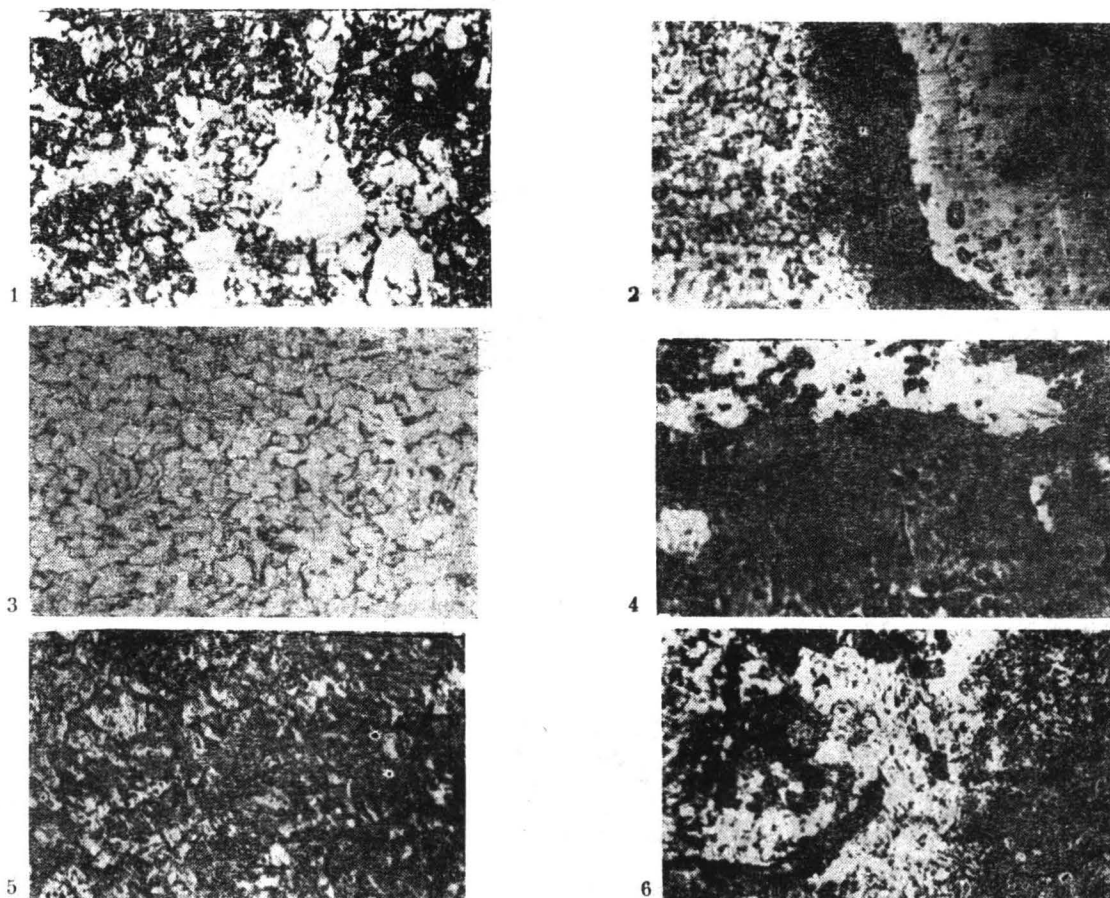


Fig. 9. Couteaux confectionnés par soudure de deux bandes à contenu de carbone différent : 1 section dans la zone de la lame, F 70 %, P 30 % (Liteni, XV^e siècle) ; 2,3 section dans la zone de la lame et du manche, F 90 %, P 8 %, O 2 % (Liteni, XV^e siècle) ; 4 zone corrodée (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5,6 zone de soudure et de passage, F 40 %, P 60 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).

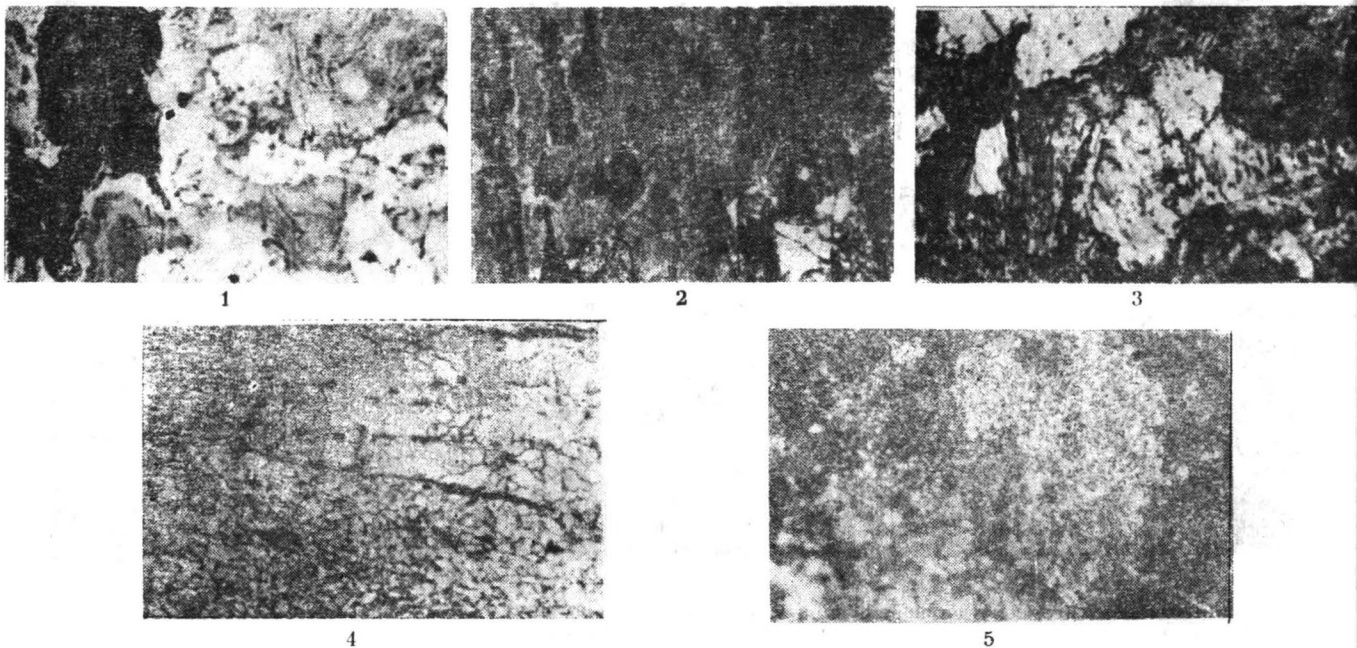
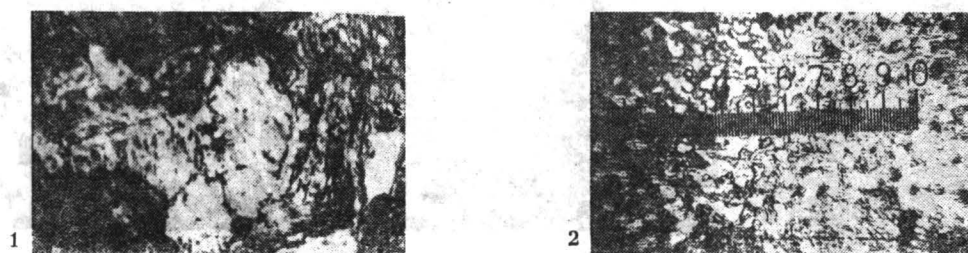


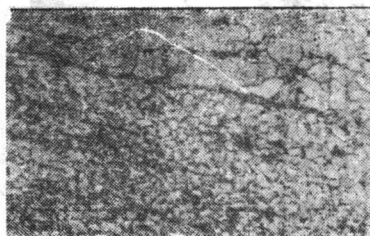
Fig. 10. Flèches confectionnées par soudure de deux bandes de métal à contenu de carbone différent : 1 section dans le matériel de base, F 99 %, O 1 % (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 2–4 zones stratifiées à contenu de carbone différent (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5 section au niveau de la pointe, structure de martensite (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles),



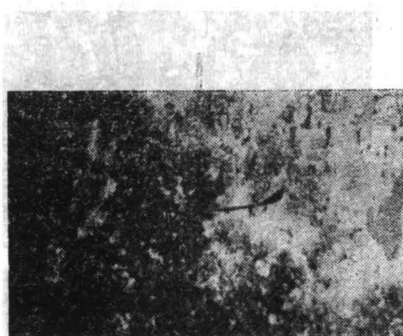
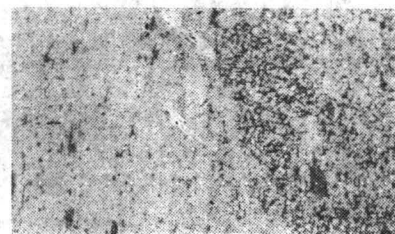
1

2

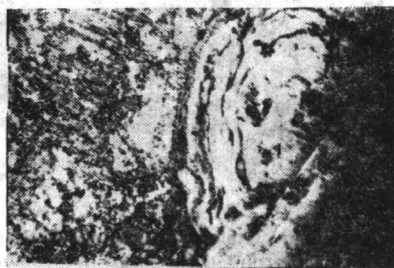
Fig. 11. Objets confectionnés par soudure de deux bandes de métal à contenu de carbone différent : 1 section dans la zone de la lame, F 60%, P 20%, O 20% (Suceava, couteau utilisé dans l'usinage des peaux, XV^e siècles) 2 boucle, P 40%, F 60% (Zaharești, XVI^e siècle); 3, 4 sections dans la zone du tranchant du couteau utilisé au travail des peaux, P 70%, F 30% (Liteni, XV^e siècle).



3



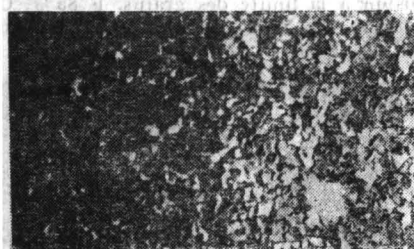
1



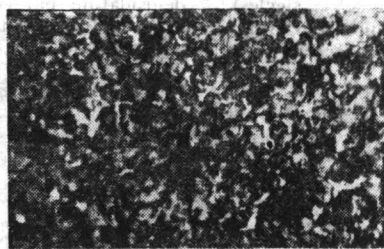
2



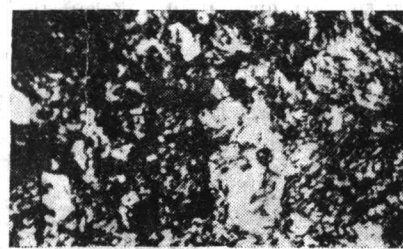
3



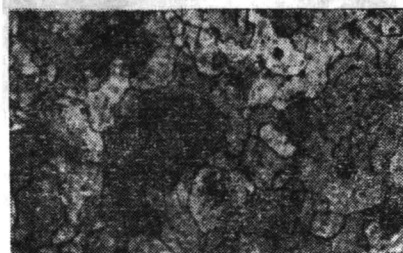
4



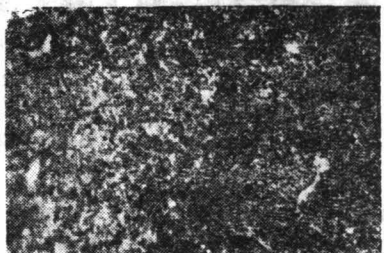
5



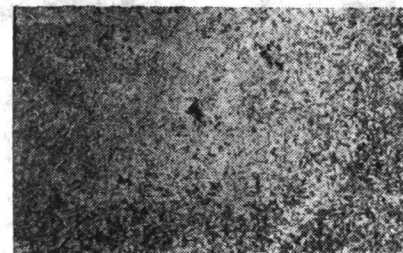
6



7



8



9

Fig. 12 Couteaux confectionnés par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent : 1, 2 zone de soudure de la lame du couteau, P 60%, F 40% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 3 matériel de base, F 99%, P 1% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 4–6 zone du tranchant, F 50%, P 50% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 7 matériel de base, F 98%, O 2% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 8 section au niveau du tranchant, structure de martensite (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 9 section au niveau du tranchant, structure martensite « troasite » (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles)

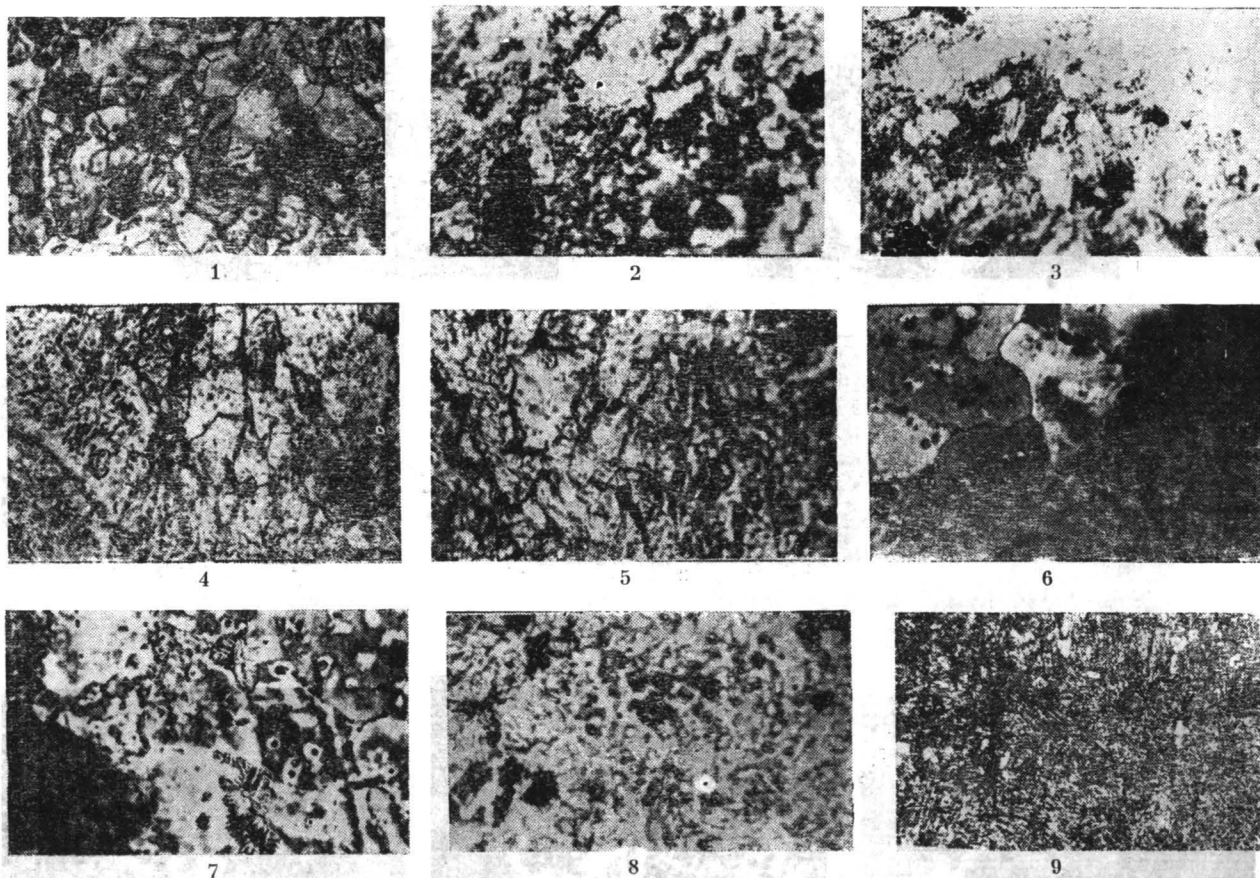


Fig. 13. Couteaux confectionnés par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent : 1 matériel de base, F 99%, O 1% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 2,3 zone de passage d'une bande à l'autre, F 60%, P 40% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 4 zone influencée thermiquement pendant le travail, F 98%, P 2% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 5 matériel de base, F 90%, P 3%, O 7% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 6 zone de passage vers l'extérieur à une autre bande, F 50%, O 40%, P 10% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 7 dégradation par corrosion à la limite des grains, F 85%, O 15% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 8 zone de suture, F 60%, P 40% (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles); 9 section au niveau du tranchant, section de martensite (Zaharești, XV^e–XVI^e siècles).

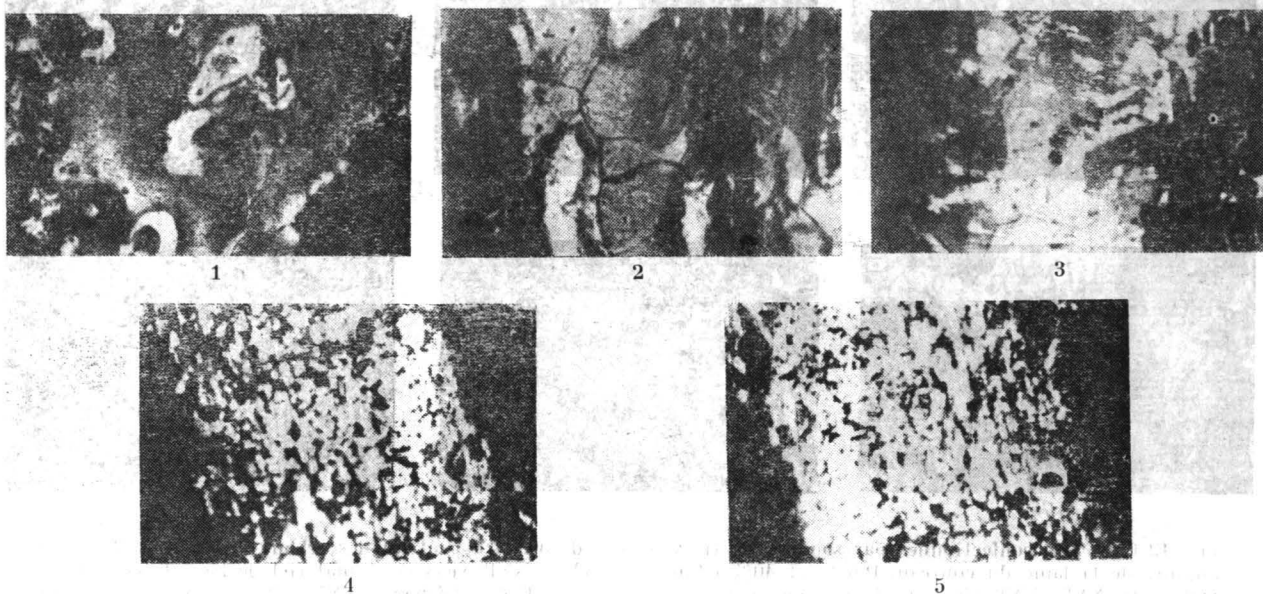
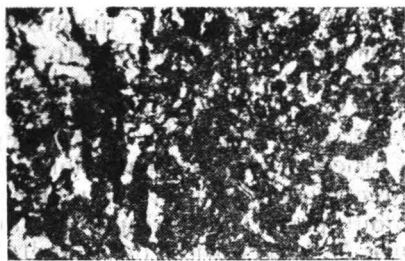
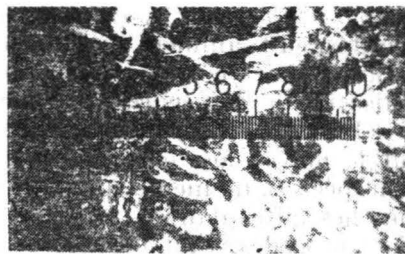


Fig. 14. Flèches confectionnées par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent : 1,2 section dans la zone de la lame, F 40%, P 60% (Liteni XV^e siècle); 3 section dans le matériel de base, F 70%, P 30% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles); 4,5 structures de passage d'une bande à l'autre, F 60%, P 30% (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).

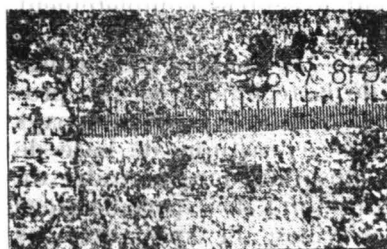


1

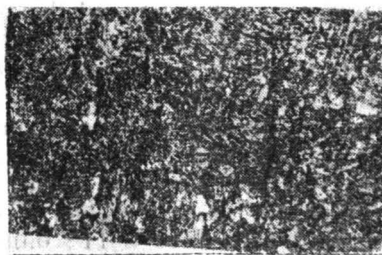


2

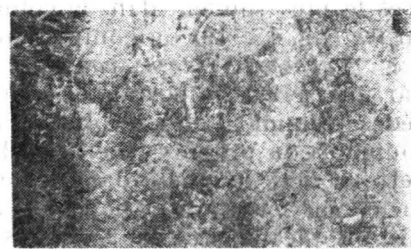
Fig. 15. Couteau confectionné par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) : 1 section dans la zone de la lame, P 60 %, F 40 % ; 2 section de la zone soudée, la structure Widmannstätten.



1



2

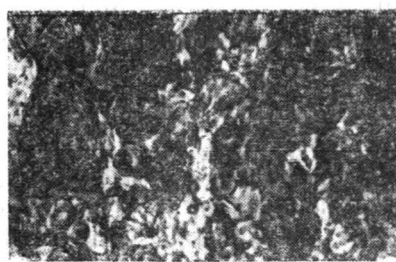


3

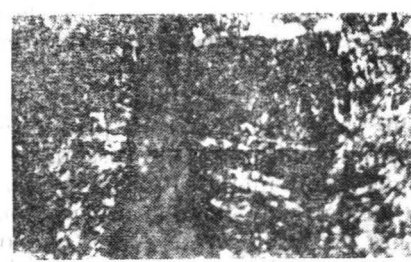
Fig. 16. Objets confectionnés en acier bloc : 1 ciseau, F 30 %, P 70 % (Suceava, XV^e–XVI^e siècles) ; 2 traçoir, structure « troostite » (Suceava, XVII^e siècle) ; 3 scie, structure de martensite-« troostite » (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).



1



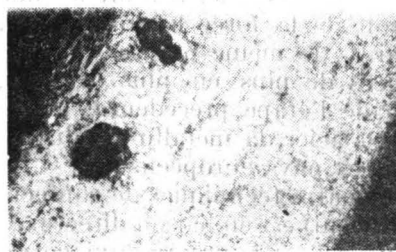
2



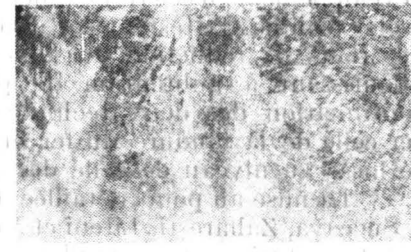
3



4



5



6

Fig. 17. Objets confectionnés en acier (bloc et bandes) : 1 vrille, F 40 %, P 60 %, acier bandes (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 2 anneau, F 35 %, P 65 %, acier bloc (Liteni, XV^e siècle) ; 3 hache type herminette avec tube d'attachement, F 50 %, P 50 %, acier bandes (Zahărești, XVI^e siècle) ; 4 hache type cognée, F 30 %, P 70 %, acier bandes (Liteni, XV^e siècle) ; 5, 6 faux, F 40 %, P 60 %, structure de martensite, acier bloc (Zahărești, XVI^e siècle).

La première étape (XI^e siècle — première moitié du XIV^e siècle) offre, malgré la carence des sources écrites, suffisamment de données d'ordre archéologique⁴⁶ pour permettre un jugement avisé sur le caractère et le développement de la métallurgie du fer. Une découverte particulièrement significative à cet égard est celle, faite à Orheiu Vechi, d'un dépôt de plus de mille sces, fers de charrues et autres ustensiles agricoles en fer, qui est le plus grand dépôt de ce genre de tout le moyen âge européen⁴⁷. En échange, le procédé de la cémentation était connu sur le plan européen⁴⁸, de même que l'utilisation de la force hydraulique et du marteau à pédales. Les recherches faites dans la zone qui nous occupe n'ont pas relevé jusqu'à ce jour l'emploi de ces derniers procédés, tout en attestant la permanence et la tradition de la métallurgie du fer⁴⁹ dans tout l'espace géographique habité par les Roumains. Les nombreuses forges mises au jour sont de véritables *noyaux de production et de création* dans ce domaine. Durant cette période, tous les éléments nécessaires à l'exploitation, à la réduction et à l'usinage du fer étaient compris dans le même processus technique et technologique, mis en œuvre par le même artisan, sans différenciation aucune⁵⁰. Sur la base des analyses — encore que peu nombreuses — donc les découvertes de cette période ont fait l'objet, il apparaît que deux techniques étaient utilisées le plus souvent dans la confection des pièces, selon qu'elles étaient exécutées complètement en fer (fig. 18, 19) ou complètement en acier (fig. 20, 21).

La seconde étape, comprise entre le milieu du XIV^e siècle et le XVII^e siècle, est marquée par une série d'importantes transformations qualitatives sur le plan de la technique et des procédés technologiques, évolution qui marque une dépendance considérablement accrue des pays roumains du progrès général de la métallurgie du fer en Europe⁵¹. La caractéristique de base de cette période consiste dans le processus de différenciation et de spécialisation dans le cadre du même métier : ainsi, dans les villages, jusqu'au XV^e siècle, le chiffre total des spécialisations n'était que de 3, alors qu'après cette date il s'élève à 11 ; dans les villes, 14 spécialisations sont attestées, contre 9 pour la période antérieure⁵². Ce qu'il convient de remarquer dans le développement économique de la région après la fondation de l'Etat féodal de Moldavie, c'est, ainsi que l'a fort bien souligné l'historien P. P. Panaitescu⁵³, l'importation de Transylvanie d'ustensiles agricoles en fer qui ont transformé les méthodes de travail et ont accru la production dans ce domaine. Les échanges de marchandises — en particulier du fer et des instruments en fer — de Moldavie et de Transylvanie ont déterminé une puissante interdépendance économique de ces deux pays roumains, laquelle a fait naître à son tour entre ceux-ci d'étroites relations politiques et culturelles. On a constaté, de même, qu'à la suite de la séparation qui a eu lieu entre les métiers et l'agriculture il s'est créé un courant permanent d'échanges de produits entre les villages et les villes⁵⁴, dans le cadre desquels la production de commande sera de plus en plus supplantée par la production de marché. Les princes moldaves semblent moins intéressés par l'exploitation des ressources du sous-sol, de crainte que les Turcs ne majorent le tribut ou n'occupent même le pays⁵⁵, situation qui fait hésiter aussi les autorités transylvaines à exporter le fer (surtout pour la fabrication d'armes) dans un pays menacé d'assujettissement par la Porte. Vers la fin de cette étape on constate une baisse des importations de Transylvanie, à la suite du renchérissement des prix des ustensiles agricoles et des outils artisanaux⁵⁶, ainsi que du développement accéléré des métiers en Moldavie. Autant les documents écrits que les trouvailles archéologiques attestent l'utilisation de la force hydraulique⁵⁷, la multiplication des forges et des fours de réduction du minerai⁵⁸, de même que la variété accrue des procédés techniques, aboutissant à l'obtention de pièces de plus en plus diverses, suivant leurs fonctions. Par la continuation des deux techniques de l'étape précédente, auxquelles vient maintenant s'ajouter celle de la soudure du fer et de l'acier, la métallurgie du fer dans la Moldavie septentrionale se hisse au niveau de celle des autres pays européens⁵⁹.

La mise au point détaillée des quatre techniques de confection des pièces en fer (découvertes à Suceava, Zaharești, Liteni et Vorniceni) est en liaison directe avec le progrès économique marqué par la diffusion et l'assimilation de celles-ci, progrès qui correspondent au début d'une ère de différenciations et de spécialisations accentuées. Ce fait a accéléré le processus de développe-

⁴⁶ Voir note 15.

⁴⁷ Victor Spinei, *Moldova în secolele XI—XIV* (résumé de la thèse de doctorat), București, 1977, p. 8—9.

⁴⁸ E. Sallin, *La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et les laboratoires*, Paris, 1957, III^e partie, p. 2.

⁴⁹ Șt. Olteanu, *RevIst*, 34, 1981, 3, p. 484 ; Șt. Olteanu, N. Neagu, S. Șeclăman, *SCIVA*, 32, 1981, 2, p. 230 et suiv.

⁵⁰ Șt. Olteanu, C. Șerban, *op. cit.*, p. 15.

⁵¹ Șt. Olteanu, *SCIVA*, 30, 1979, 2, p. 137—143.

⁵² Voir note 44.

⁵³ P. P. Panaitescu, *Introducere la istoria culturii românești*, București, 1969, p. 301.

⁵⁴ Mircea D. Matei, *SCIVA*, 29, 1978, 3, p. 366—383.

⁵⁵ Radu Manolescu, *op. cit.*, p. 131.

⁵⁶ *Ibidem*, p. 180 ; Emil Ioan Emandi, *StudiSibiu*, 2, 1981, p. 24.

⁵⁷ Ștefan Pascu, *op. cit.*, p. 164—172 ; Șt. Olteanu, C. Șerban, *op. cit.*, p. 18.

⁵⁸ Șt. Olteanu, *RevMuz*, 2, 1967, p. 119—122.

⁵⁹ Rolf Sprandel, *op. cit.*, p. 221—222.

ment intérieur du marché et a accru le rôle bénéfique joué par la métallurgie dans le développement économico-social de la Moldavie.

1. *Pièces complètement en fer.* Cette technique a été relevée dans 20 pièces, représentant 11 types différents (annexe 1). On a remarqué que les pièces d'usage courant et, en partie, celles du harnais, qui sont moins soumises à l'effort, pouvaient en général, étant donné le matériel (l'éponge de fer) et les techniques rudimentaires de leur confection, être exécutées sur le plan local. Dans tous les cas enregistrés, les *couteaux* sont munis d'un manche en forme de lame aux revêtements fixés par des rivets; deux exemplaires conservaient ces revêtements, en corne ou en bois, renforcés par de petites plaques métalliques (fig. 21/8). La longueur des couteaux varie entre 7 et 15 cm, leur largeur entre 1,5 et 2,3 cm. Ils ont été découverts à tous les niveaux d'habitat, du XI^e au XVII^e siècle, y compris dans des tombes, où ils jouent le rôle de « signe distinctif de l'homme libre »⁶¹. Sur les 17 couteaux soumis à l'analyse métallographique, deux seulement sont entièrement en fer (fig. 18/5), trouvés l'un dans un établissement des XIV^e — XV^e siècles, l'autre dans une nécropole des XI^e — XII^e siècles. La structure ferritique y prédomine en proportion de 95% (fig. 1). Les nombreuses inclusions d'oxydes, de carbures et de produits de corrosion (5%) indiquent une technique d'exécution rudimentaire, de la part d'un artisan dépourvu d'expérience (fig. 1/3), tant en ce qui concerne l'exécution même que le durcissement des parties actives (75—78, 4 HV). Les 14 *pointes de flèches* en fer analysées ont été classées, en fonction de leur système de préhension (pédoncule ou douille d'emmanchement) et de la forme de la pointe, en 4 types, comportant certaines variantes⁶¹. Deux de ces types sont représentés par deux pointes de flèches découvertes à Liteni, confectionnées entièrement en fer et datant du XV^e siècle: le premier type (fig. 25/2), à pédoncule, avec une pointe foliforme très allongée, comporte de nombreuses analogies à Suceava, Păcuiul lui Soare et Baia⁶²; le second type (fig. 18/7) est à douille, avec une pointe pyramidale courte à trois arêtes, et comporte des analogies proches à Păcuiul lui Soare⁶³. Les deux exemplaires ont un contenu réduit de carbone (0,02—0,03%) et une structure ferritique (fig. 2/2, 3, 4, 5) prédominante, étant confectionnées par modelage plastique à chaud en éponge de fer. Le second type (fig. 18/7) se distingue par le fait qu'il a subi un traitement thermique de trempe dans la zone de la pointe, ce qui a donné lieu finalement à une structure sorbitique (fig. 2/1), avec une dureté de 545 HV. Dans la zone « médiane » du matériel on relève des oxydes et des produits de corrosion (fig. 2/3—4). Le matériel de base est très mou et de faible qualité mécanique (fig. 2/2). Une autre catégorie de pièces entièrement en fer est celle des *éperons*. Du point de vue typologique, les exemplaires analysés se divisent en deux catégories: les *éperons* à tige courte (fig. 18/10) et moyenne (fig. 18/9; 19). A noter que les *éperons* découverts à Suceava (fig. 18/9, 10; 19) ont les caractéristiques suivantes: pureté particulière du métal, vu l'absence de chrome, de nickel, de molybdène et de wolfram⁶⁴; dureté faible (110—121 HV); matériel de base très plastique et de faible résistance mécanique; structure relativement fine (fig. 3), aux grains orientés suivant la direction du forgeage. Le fait qu'il n'entre dans la composition chimique que du silicium (0,1%) et du manganèse (0,4%) permet d'affirmer que ces pièces ont pu être faites à partir d'un minéral exploité dans la zone. En fer également sont les *mors*, dont on a déterminé deux types: les mors à prolongements latéraux (fig. 18/1) et ceux à chaînons (fig. 18/6). Les deux types sont confectionnés en un matériel très plastique, à faible résistance mécanique, à l'exception des chaînons, qui ont subi un traitement de cémentation en vue de l'accroissement de leur dureté et de leur résistance. Un autre type de pièce confectionnée entièrement en fer est une *hache de combat* à corps étroit, découverte à Suceava et datant des X^e — XI^e siècles⁶⁵, dont la structure est surtout ferritique (85%). Dans la zone du tranchant elle a subi un traitement de trempe sorbitique. De telles structures, qui apparaissent aussi dans les pièces découvertes à Basarabi, Dinogetia et Novgorod, caractérisent le fer travaillé dans des conditions primitives⁶⁶. Les autres pièces analysées sous le rapport métallographique — un *fer à cheval avec ses clous* (fig. 25/10), une *chaîne de trépid pour marmite* (fig. 25/6), des *instruments musicaux* (fig. 18/2, 4), des *clous à crochet* (fig. 25/4), des *ciseaux* (fig. 18/11), une *petite pelle pour nettoyer le soc et le versoir de la charrue* (fig. 18/8) — sont également en fer et peu résistantes à l'usure, avec une structure surtout ferritique (fig. 4). Le

⁶⁰ Ghi. Ștefan, I. Barnea, Maria Comșa, Eug. Comșa, *op. cit.*, p. 72.

⁶¹ A. V. Artykovskij, B. A. Kolčîn, Trudy Novgorodskoj arheologičeskoj ekspedicii, 65, 1959, p. 150 et suiv.; Petre Diaconu, Silvia Baraschi, *op. cit.*, p. 138—143; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 69—70.

⁶² Pour l'aire de diffusion et la bibliographie de ce type de pointes de flèches, voir Petre Diaconu, Silvia Baraschi, *op. cit.*, p. 141—142.

⁶³ Petre Diaconu, Silvia Baraschi, *op. cit.*, p. 142—143, fig. 105/12.

⁶⁴ Mihail Jelezneac, Anuar Suceava, 5, 1978, p. 541.

⁶⁵ Emil Ioan Emândi, Studii Sibiu, 2, 1981, p. 27, fig. 1/2; 27/1, 2.

⁶⁶ A. V. Artykovskij, B. A. Kolčîn, *op. cit.*, p. 32, fig. 1/5; Ghi. Ștefan, I. Barnea, Maria Comșa, Eug. Comșa, *op. cit.*, p. 71, fig. 37.

pourcentage plus élevé de carbone trouvé dans la zone du tranchant des ciseaux (145 HV) et à l'extrémité du clou à crochet (115 HV) démontrent le souci de l'exécutant de renforcer ces parties actives des pièces. En nous fondant sur les structures métallographiques et les propriétés physico-chimiques de ces pièces, nous croyons pouvoir affirmer que la plupart d'entre elles ont pu être exécutées sur les lieux, à partir de minerais de qualité médiocre, n'exigeant pas des conditions thermiques spéciales d'usinage, c'est-à-dire en premier lieu une température très élevée.

2. Le deuxième procédé technologique constaté dans la fabrication des différents types de pièces est leur exécution entièrement en acier. La qualité des pièces confectionnées suivant cette technique est déterminée en premier lieu par leur traitement thermique et thermochimique, consistant en des procédés assez délicats qui dépendent en dernier ressort de l'habileté et de l'expérience de l'exécutant. Dans le cadre de cette technique deux variantes ont été identifiées, selon que les pièces sont faites d'un seul bloc de métal ou par soudure de plusieurs bandes présentant la même composition chimique. Le traitement thermique est ou n'est pas appliqué en fonction de la destination de la pièce.

Les types les plus fréquents de pièces exécutées en un seul bloc d'acier sont celles d'usage courant (les couteaux) et les outils (burins, limes, faux, traçoirs, scies, haches), dont l'usure rapide imposait qu'elles fussent confectionnées en une seule espèce de matériel, à composition chimique identique, conditions nécessaires pour l'obtention d'une résistance mécanique prolongée. Les couteaux découverts à Vorniceni (fig. 25/8, 21/1) ont pour base un matériel à bonnes propriétés mécaniques (230–250 HV), à granulation fine (fig. 5/1, 2, 3) et d'un pourcentage de carbone de 0,02%. Dans la zone du tranchant la surchauffe a fait apparaître la structure Widmannstätten (fig. 5/4), le pourcentage de carbone s'élevant jusqu'à 3% et la dureté à 566 HV. L'un des couteaux (fig. 25/8) présente dans la zone du tranchant une structure du type sorbitique, caractéristique des traitements à haute température, qui confère à la lame ténacité et résistance aux chocs mécaniques, qualités obtenues au détriment de la dureté (420 HV). Les pointes de flèches analysées comportent deux types différents : le type 3, de forme pyramidale (fig. 25/1), à pointe courte, trois arêtes et pédoncule, a une aire de diffusion étendue et comporte de proches analogies à Baia, Coconi et Păcuiul lui Soare⁶⁷. La zone de la pointe a subi un traitement thermique qui lui a conféré une structure sorbitique (fig. 6/3) très fine et une dureté considérable (652 HV), assuré par un pourcentage accru de carbone (0,3–0,4%), le type 4, de forme rhomboïdale à section rectangulaire, très allongé (fig. 20/6) et à pédoncule, est relativement rare dans le milieu archéologique de la Roumanie, mais offre en échange des analogies allant presque jusqu'à l'identité avec certaines découvertes de Novgorod⁶⁸. Dans la zone de la pointe nous avons constaté une structure de traitement non uniforme (fig. 6/12), avec un pourcentage de carbone de 0,35% et une dureté de 441 HV, qui a accru sa fragilité. Dans la catégorie des outils en bloc d'acier, on remarque les ustensiles agricoles et les outils artisanaux. Parmi les pièces de la première catégorie, l'analyse métallographique a été appliquée à une faucille (fig. 25/9) du type II⁶⁹, à l'arc de la lame aplati et à long manche, ainsi qu'à un faux du type allongé⁷⁰ (fig. 21/5), au dos droit formant un plan horizontal. Dans la zone du tranchant de la faucille nous avons relevé une structure sorbitique (fig. 8/1) qui lui confère une dureté élevée (451 HV) ; en revanche, dans la même zone nous avons constaté une structure martensitique de bas revenu (fig. 17/5, 6) qui en augmente la dureté, mais au détriment de la ténacité (la trempe a été faite lentement, afin d'éviter les tensions intérieures, probablement dans du suif fondu, procédé relevé au XVIII^e siècle et consigné dans des documents épigraphiques⁷¹) : qualités en mesure d'assurer à la pièce un usage prolongé. Dans la même catégorie, citons : les limes (fig. 20/10 ; 21/4) ; les burins (fig. 20/11 ; 13) un traçoir et une scie (fig. 20/14, 5). Les deux limes présentent un fort pourcentage de carbone vers l'extérieur (0,5%) et une dureté de 750 HV, résultats obtenus par un processus thermochimique de cémentation (fig. 8/7, 8) qui leur a conféré une bonne résistance mécanique, une limite d'élasticité élevée et une ténacité à l'avenir ; les deux autres types, en revanche, présentent une structure soit ferrito-perlitique (fig. 16/1), soit troostitique (fig. 16/2) et martensito-troostitique (fig. 16/3) de revenu, qui diminue leur dureté (650 HV) et donc leur fragilité. Parmi les autres types de pièces, à destinations diverses, faites en bloc d'acier, mentionnons : les anneaux (fig. 21/7), à structures ferrito-cémentitiques (fig. 17/2) et les boucles de ceinture de type rectangulaire (fig. 20/3, 8), à structures ferrito-perlitiques.

⁶⁷ Voir note 61 et N. Constantinescu, *Coconi*, București, 1972, p. 97–98.

⁶⁸ A. V. Artykovskij, B. A. Kolčîn, *op. cit.*, p. 152, fig. 13/46.

⁶⁹ V. Neamțu, *La technique de la production céramique en*

Valachie et en Moldavie jusqu'au XVIII^e siècle, București, 1975, p. 177–181, fig. 43–44.

⁷⁰ Emil Ioan Emandi, *SCIVA*, 30, 1979, 2, p. 265–266 ; R. Müller, *ActaArch*, 27, 1975, p. 93, fig. 12/3.

⁷¹ Aurel Chiriac, *op. cit.*, p. 58 et suiv.

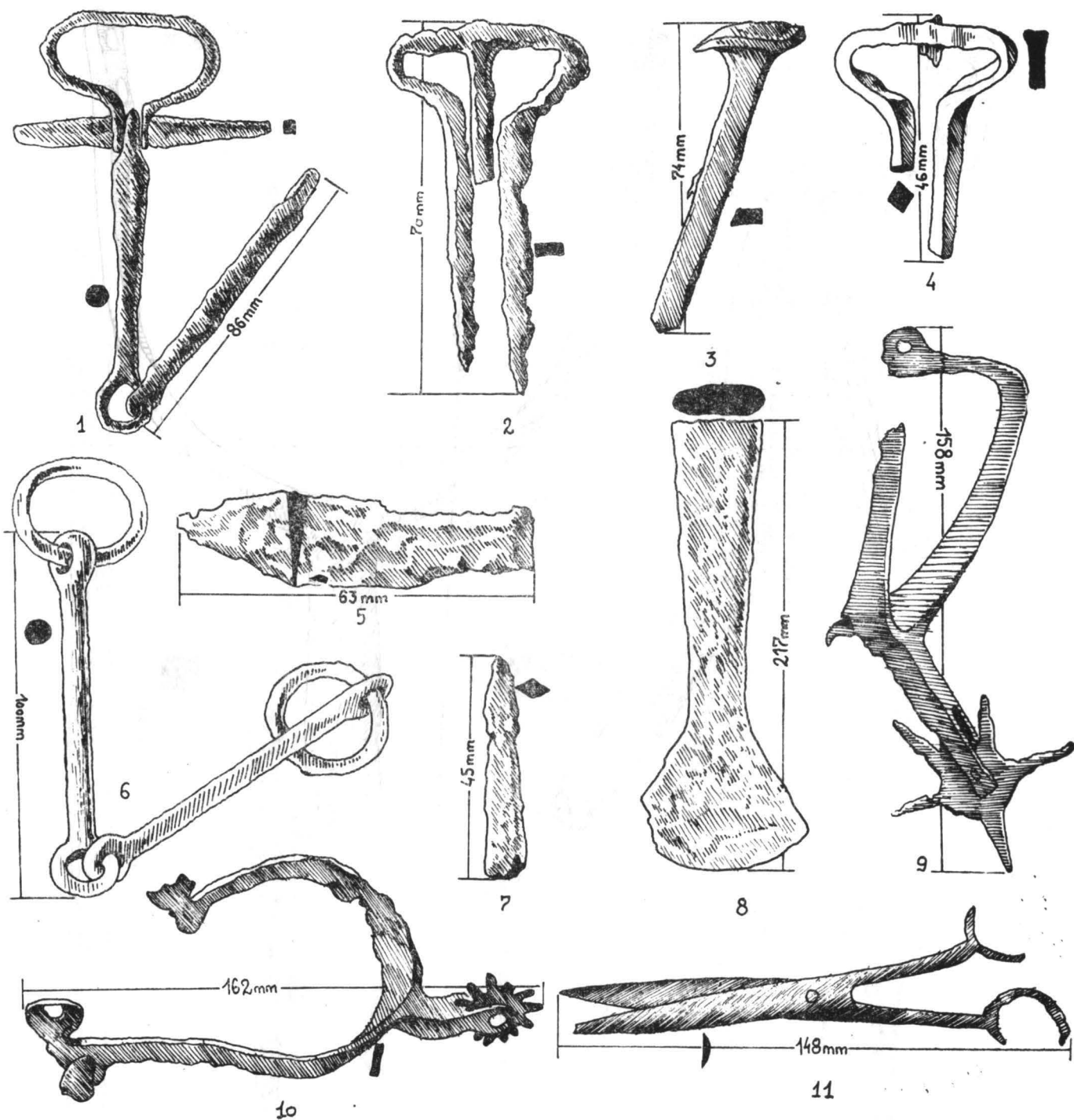


Fig. 18. Pièces réalisées entièrement en fer : 1,6 mors (Suceava, XV^e siècle) ; 2,4 guimbardes (Liteni et Vorniceni, XV^e siècle) ; 3 gros clou (Suceava, XV^e siècle) ; 5 couteau (Vorniceni, XI^e–XII^e siècles) ; 7 flèche (Liteni, XV^e siècle) ; 8 petite pelle (Zaharești, XVI^e siècle) ; 9, 10 éperons (Suceava, XIV^e–XV^e siècles) ; 11 ciseaux (Suceava, XVII^e siècle).

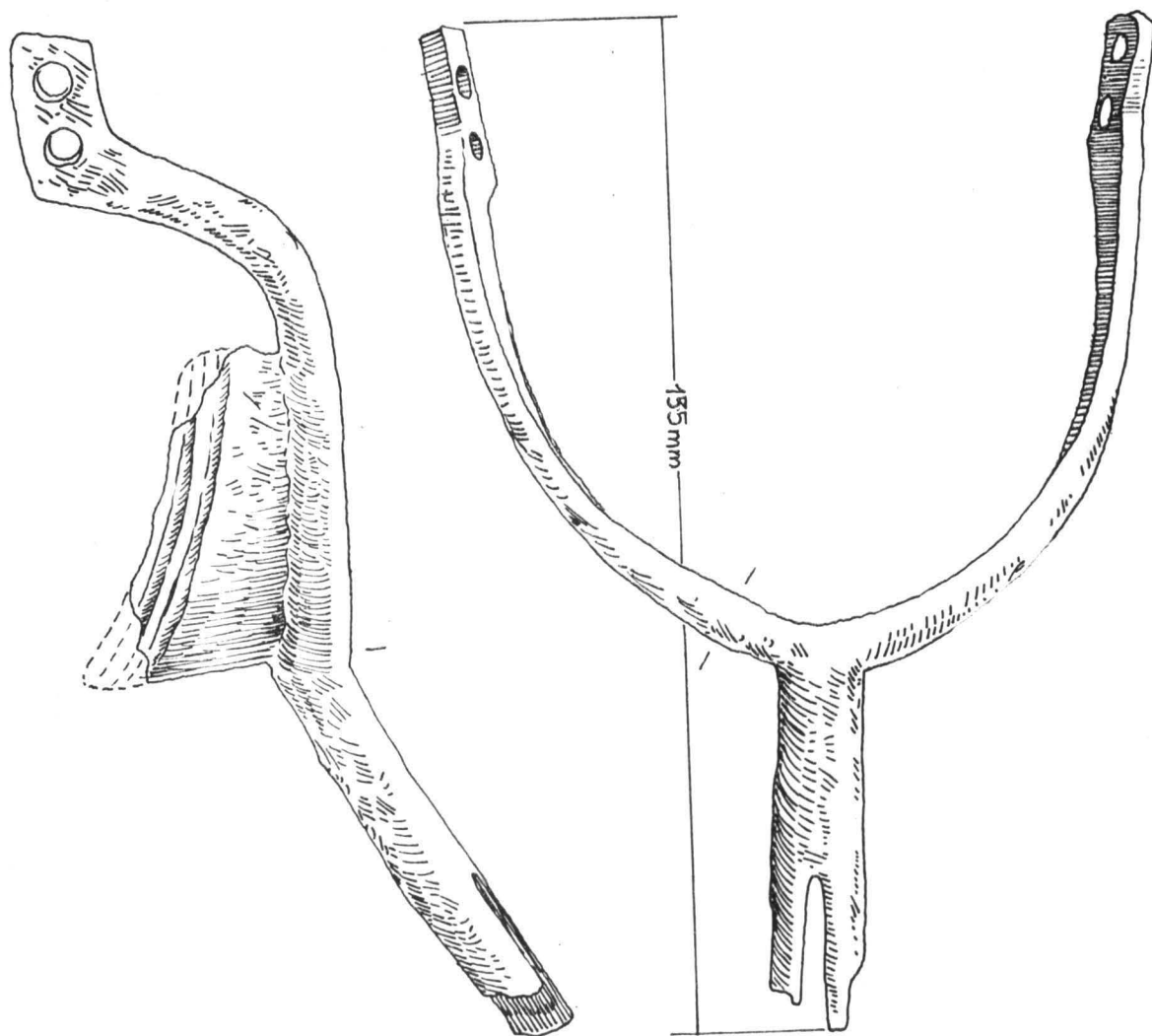


Fig. 19. Eperon confectionné entièrement en fer (Suceava, XV^e siècle).

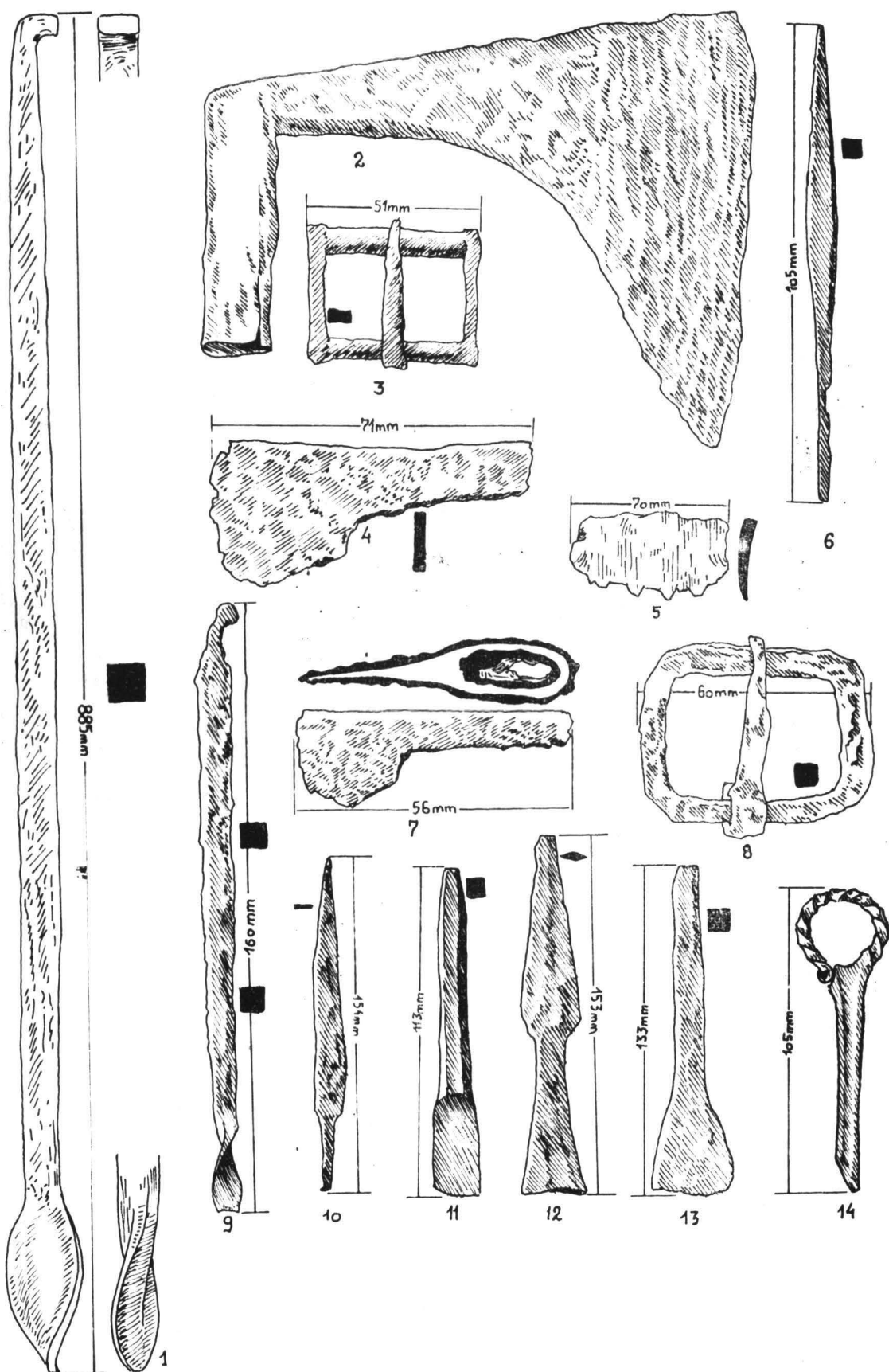


Fig. 20. Pièces confectionnées entièrement en acier (bloc et bandes) : 1 vrille (Zaharesti, XVI^e siècle) ; 2 herminette avec tube d'attachement (Zaharesti, XVI^e siècle) ; 3,8 boucles (Suceava et Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 6 flèche (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 4,7 haches-modèle (Suceava, Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5 lame de scie (Vorniceni, XV^e siècle) ; 9 vrille (Vorniceni, XV^e siècle) ; 10 lime (Suceava, XV^e siècle) ; 11, 13 ciseaux (Suceava, XV^e siècle) ; 12 pointe de lance (Plăvălari, XIII^e–XIV^e siècles) ; 6 traçoir (Suceava, XVII^e siècle).

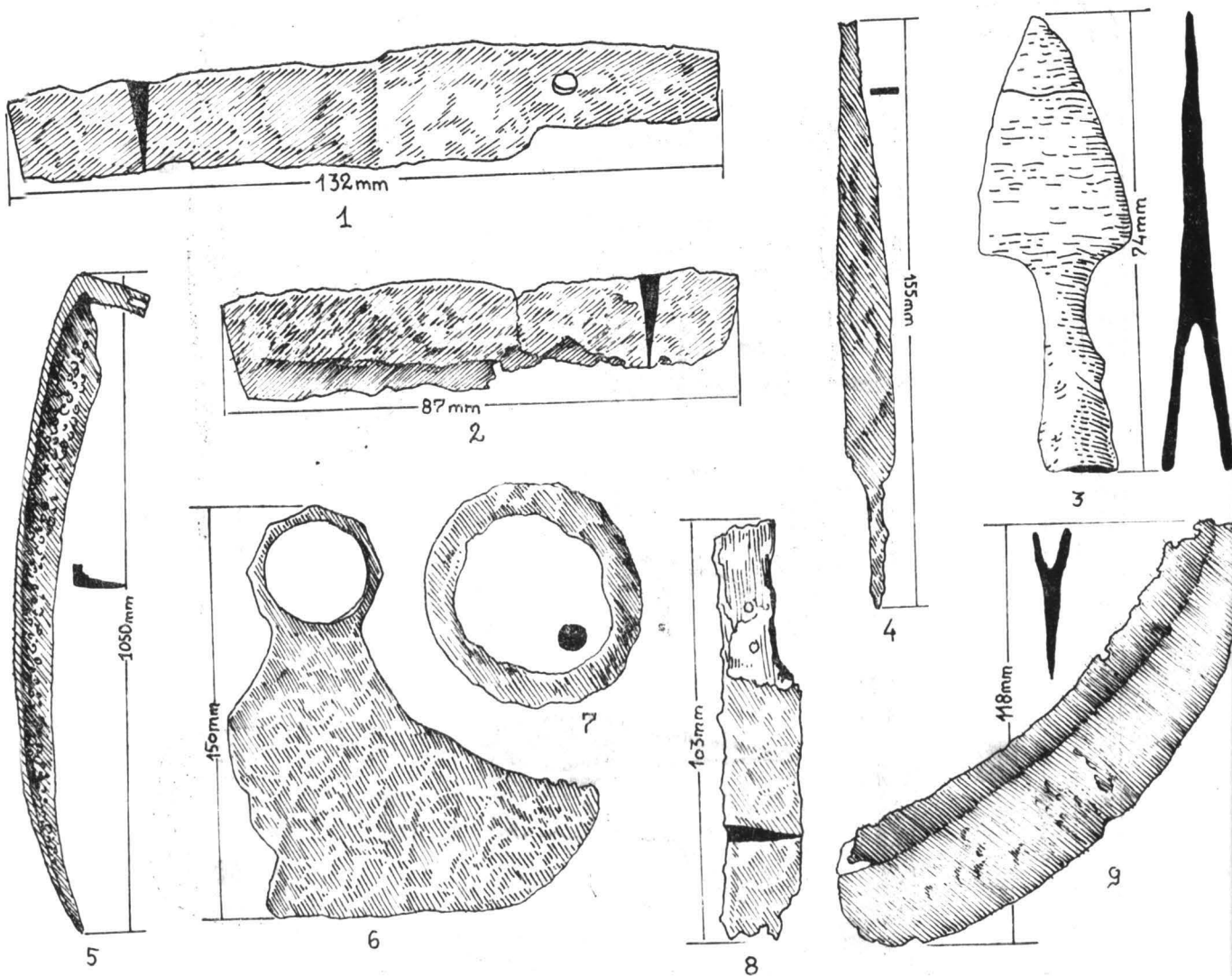


Fig. 21. Pièces confectionnées entièrement en acier (bloc et bandes): 1,2 couteaux (Vorniceni et Liteni, XIV^e–XV^e siècles); 3 flèche (Liteni, XV^e siècle); 4 lime (Suceava XV^e–XVI^e siècles); 5 faux (Zabărești, XV^e siècle); 6 pioche (Suceava, XVII^e–XVIII^e siècles); 7 anneau (Liteni, XV^e siècle); 8 couteau (Vorniceni, XV^e siècle); 9 chassis de bêche (Suceava, XV^e–XVI^e siècles).

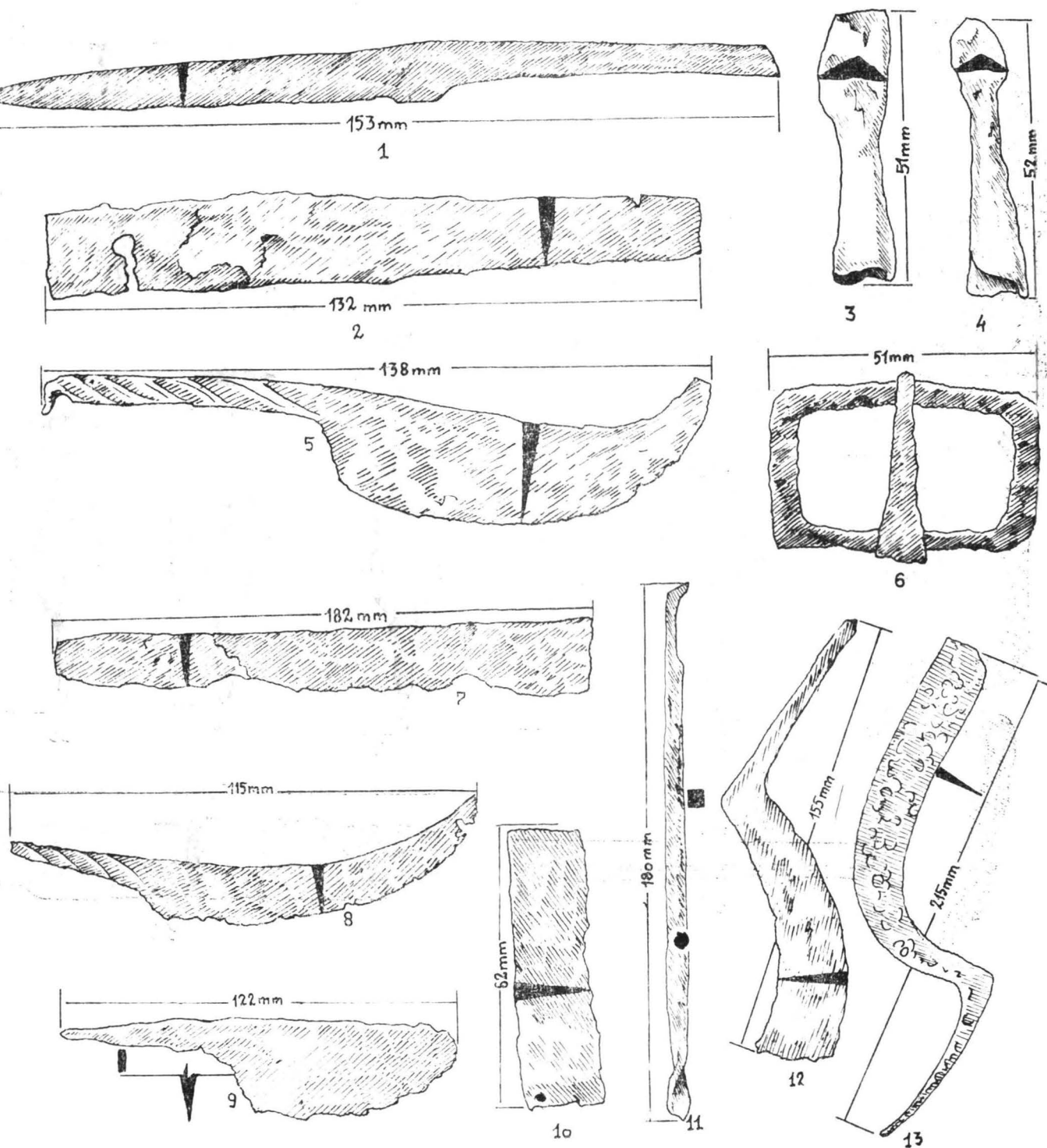


Fig. 22. Pièces confectionnées par soudure de deux bandes de métal à contenu de carbone différent : 1,2 couteaux (Vorniceni et Liteni, XV^e siècle) ; 3,4 flèches (Vorniceni, XV^e siècle) ; 5,8 couteaux pour le travail des peaux (Liteni et Suceava, XV^e siècle) ; 6 boucle (Suceava, XVI^e siècle) ; 7 couteau (Zaharești, XVI^e siècle) ; 9 couperet (Suceava, XV^e siècle) ; 10 couteau (Liteni, XV^e siècle) ; 11 vrille (Suceava, XV^e siècle) ; 12,13 faucilles (Vorniceni et Suceava, XV^e–XVI^e siècles).

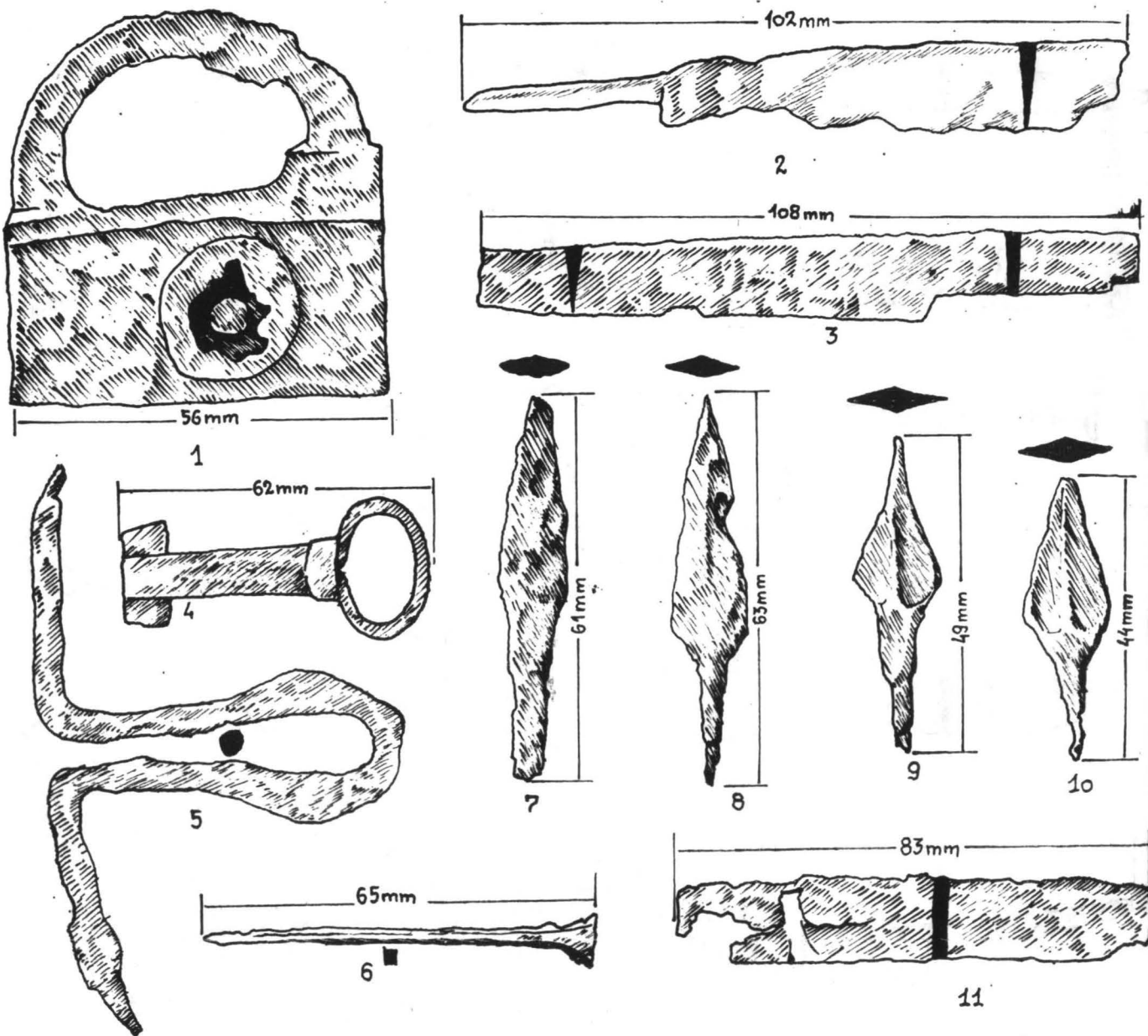


Fig. 23. Pièces confectionnées par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent : 1 cadenas (Suceava, XV^e siècle) ; 2 couteau (Zaharești, XVI^e siècle) ; 3 couteau (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) 4 clef (Suceava, XV^e–XVI^e siècles) ; 5 crochet d'assemblage (Liteni, XV^e siècle) ; 6 poinçon (Liteni, XV^e siècle) ; 7–10 flèches (Suceava, XV^e siècle) ; 11 couteau (Zaharești, XVI^e siècle).

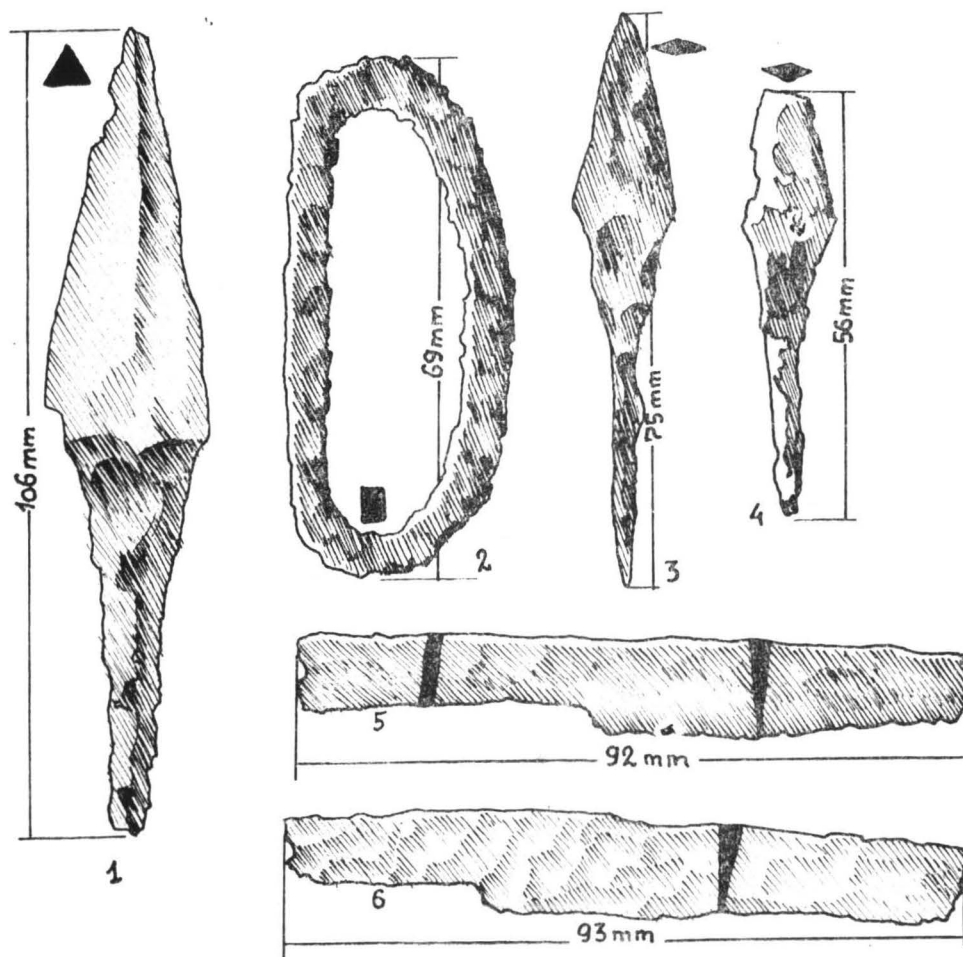


Fig. 24. Pièces confectionnées par soudure de deux bandes de métal à contenu de carbone différent : 2 boucle (Zaharești, XVI^e siècle) ; 3 flèche (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles). Pièces confectionnées par soudure de trois bandes de métal à contenu de carbone différent : 1 flèche (Liteni, XV^e siècle) ; 4 flèche (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5,6 couteaux (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles),

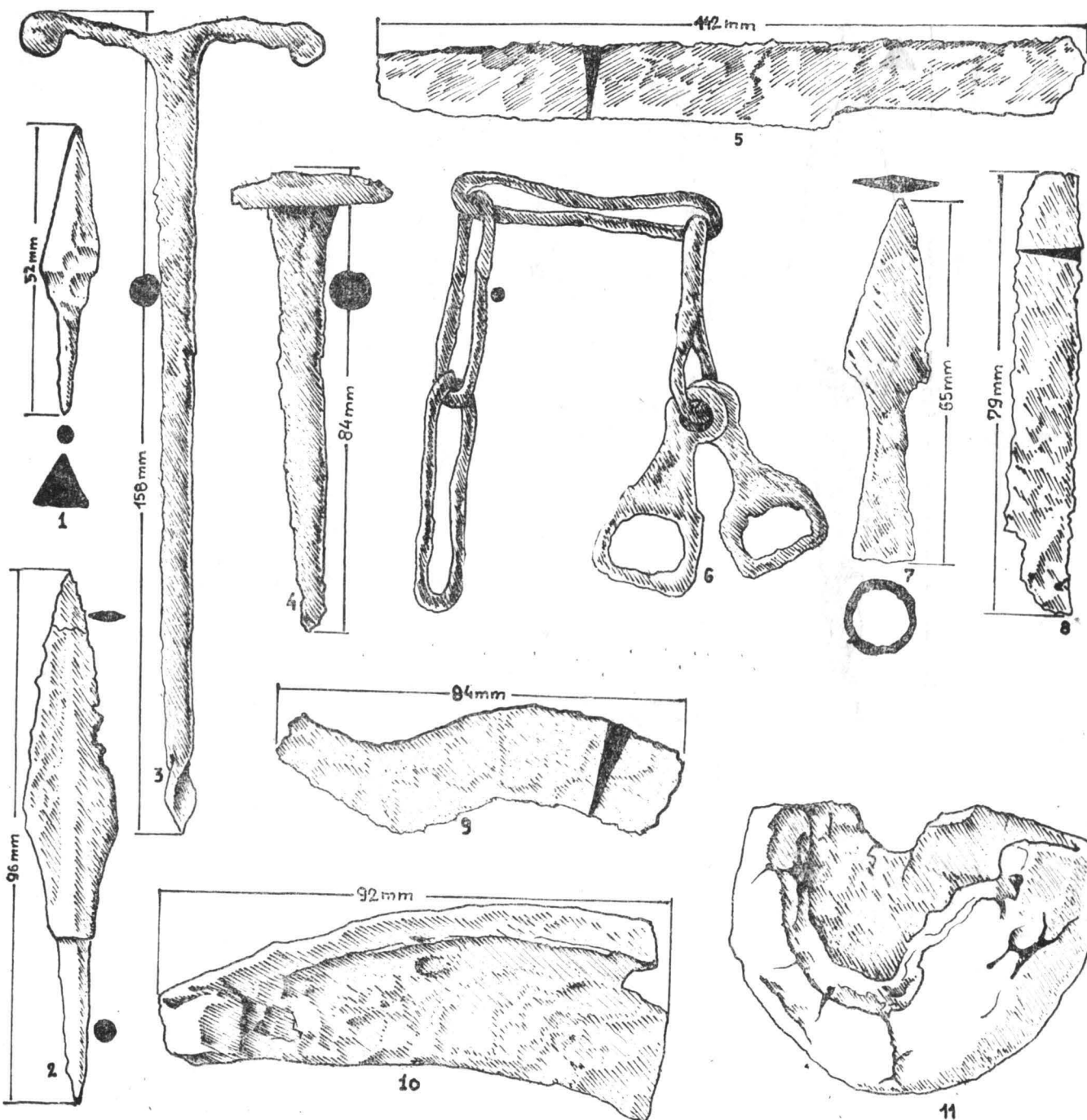


Fig. 25. Pièces confectionnées entièrement en fer : 2 flèche (Liteni, XV^e siècle) ; 4, 6, 10 gros clou, chaîne de chevrete, fer à cheval (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles). Pièces confectionnées entièrement en acier (bloc et bandes) : 1 flèche (Zaharești, XVI^e siècle) ; 3 vrille (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 5 couteau (Liteni, XV^e siècle) ; 7 flèche (Liteni, XV^e siècle) ; 8,9 couteau et faucille (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles) ; 11 creuset (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).

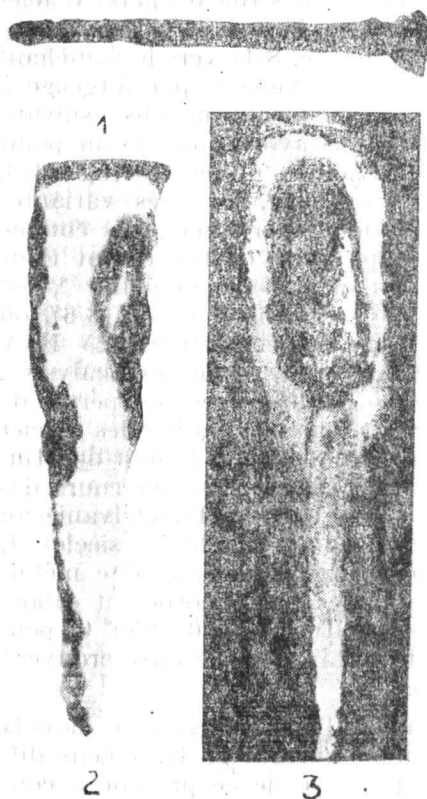


Fig. 26. Macrostructures : 1,2 poinçons (Liteni, XV^e siècle); 3 petite hache-modèle (Vorniceni, XIV^e–XV^e siècles).

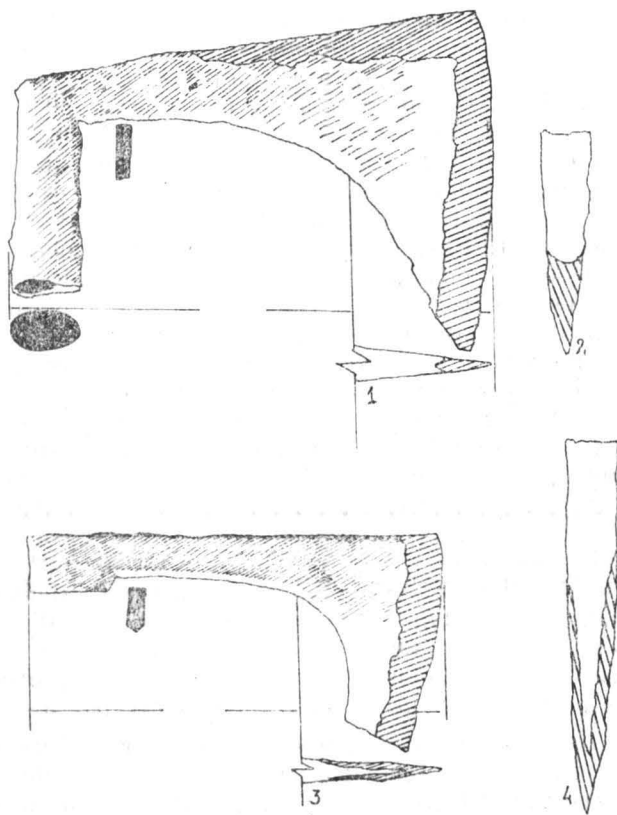


Fig. 27. 1,2 hache type herminette avec tube d'attachement (Zaharești, XVI^e siècle) avec le tranchant entièrement aiguisé; 3,4 hache type cognée avec le tranchant latéralement aiguisé (Liteni, XV^e siècle).
NOTE : F = ferrite ; P = perlite ; O = oxydes.

C'est à la seconde variante technologique, celle utilisant de l'acier en bandes qu'appartiennent la plupart des pièces. Ainsi, les *couteaux* découverts à Liteni (fig. 21/2 ; 25/5) et à Vorniceni (fig. 21/8) comprennent, sous le rapport de la structure, les parties suivantes : le matériel de base à granulation fine (fig. 7/2, 3) assurant l'élasticité et la dureté du matériel (415 HV) ; vers l'extérieur, dans la zone du tranchant, des structures du type Widmannstätten (fig. 7/1), ou bien ferrito-cémentitiques (fig. 7/4, avec un degré élevé de carbone (0,005%) et une dureté comprise entre 525 et 575 HV). Les types les plus fréquents de pièces réalisées dans cette variante technologique sont les ustensiles agricoles. Ainsi, une *houe* du type II (fig. 21/6)⁷² et de forme triangulaire et un *cadre de bêche* (fig. 21/9) en forme de « U »⁷³ ont l'un et l'autre des structures ferrito-perlitiques (fig. 8/9), mais leur dureté diffère (respectivement 126 et 325 HV). Parmi les instruments artisanaux, on remarque les *vrilles* de petites dimensions (fig. 20/9), à structures perlio-ferritiques (fig. 17/1) et duretés comprises entre 650 et 700 HV, ainsi que des *haches* du type de l'herminette ou de la cognée (fig. 27/3). La hache du type herminette, à douille⁷⁴, est de structure ferrito-perlitique (fig. 17/3) et perlito-cémentitique vers la tranchant, où le pourcentage de carbone croît jusqu'à 0,4 %. Le processus de cémentation et de trempe a été réalisé par de bas revenus (500° C), avec refroidissement à l'air libre (fig. 27/1, 2). Dans la zone de l'arête où a été fait le raccord, en raison de la surchauffe (1 000° C), apparaît la structure Widmannstätten⁷⁵. La hache-cognée⁷⁶ (fig. 27/3) présente une structure ferrito-perlitique (fig. 17/4) ; le chargement de charbon dans la zone du tranchant a été fait sur ses deux faces (fig. 27/4). Etant donné sa destination (l'abattage d'arbres), ce type de hache a reçu une plasticité plus grande que d'ordi-

⁷² V. Neamțu, *op. cit.*, p. 167–168, fig. 38 ; Emil Ioan Emandi, *Terra Nostra*, 4, 1981, p. 138–140, fig. 3.

⁷³ V. Neamțu, *op. cit.*, p. 194–196 ; Monoranu Octav, Emil Ioan Emandi, *Anuar Suceava*, 6–7, 1979–1980, p. 94, fig. 19.

⁷⁴ Emil Ioan Emandi, *Studii Sibiu*, 2, 1981, p. 52, fig. 21, 22, 25, 26.

⁷⁵ *Ibidem*.

⁷⁶ *Ibidem*, p. 43, fig. 12, 13.

naire, au détriment de sa dureté (585 HV). C'est également de feuilles (de déchets) d'acier qu'ont été exécutés les *modèles de haches*⁷⁷, composés d'un matériel de base à structure homogène fine (fig. 8/2, 3) et une autre structure, du type Widmannstätten (fig. 8/4) vers le tranchant (352 HV). Ces deux petites haches (fig. 20/4, 7 ; 26/3) ont été confectionnées par forgeage à partir de déchets de qualité inférieure (fig. 8/5). Une autre catégorie de pièces modelées suivant cette variante technologique est celle des armes, parmi lesquelles nous avons analysé du point de vue métallographique les *pointes de flèches et de lances*. Les deux pointes de flèches (fig. 21/3, 25/7), à douille d'emmanchement et pointe foliiforme à nervure médiane, sont des variantes du type I. Elles sont de structure ferrito-perlitique (fig. 6/4), à bandes non homogènes comme finesse et répartition des carbures, ce qui dénote qu'elles n'ont pas subi de traitement thermique. Le *fer de lance* (fig. 20/12), à long tube d'emmanchement et lame triangulaire⁷⁸, est fait d'un matériel de qualité supérieure, sans oxydes, à structure homogène fine (fig. 8/6), où la proportion de carbone atteint 0,45%, ce qui a accru sa capacité de pénétration (625 HV). En ce qui concerne ce procédé technique, nous avons constaté que dans toutes les pièces analysées, malgré le pourcentage élevé de carbone, les soudures sont de bonne qualité, avec des pertes de métal presque inexistantes. La seconde variante du procédé technique basé sur les bandes d'acier (ou « pattern welding »)⁷⁹ a été découvert en Scandinavie et a été pratiquée dans l'ouest de l'Europe jusqu'au XIII^e siècle, mais dans la partie est du continent elle l'a été aussi au cours des siècles suivants. Le procédé technologique de la cémentation a été signalé en Transylvanie au XIV^e siècle et en Moldavie au XV^e siècle⁸⁰ (en Occident il était connu dès le X^e siècle). Il consiste dans le durcissement des parties tranchantes des pièces par diffusion dans la pâte métallique de charbon⁸¹, de bois de bouleau et d'autres matières organiques (peau, cornes et sabots d'animaux). La chauffe était faite dans des boîtes jusqu'à une température de 900–950° C, pendant quelques heures⁸². La complexité du procédé et la finesse de certaines structures prouvent la perfection dans l'exécution atteinte par les ouvriers du temps.

3. Le troisième procédé technique relevé dans les pièces soumises à l'analyse consiste dans la soudure de bandes d'acier par une bande de fer, technique connue surtout et largement diffusée dans l'Europe de l'est à partir de la fin du XIII^e siècle⁸³. La pratique de ce procédé a constitué un progrès par rapport aux technologies décrites ci-dessus. Le procédé est avantageux par l'économie d'acier qu'il réalise, mais il est d'une exécution assez difficile, car il suppose le forgeage et la soudure de deux matériels d'une composition chimique différente. L'introduction de cette technologie a eu pour effet l'accroissement de la ténacité de la pièce et de la résistance de ses parties actives, permettant ainsi d'augmenter la plasticité aux coups de la pièce. La structure de surchauffe constatée dans certaines zones (fig. 11/1) n'est pas due à la maladresse de l'exécutant, mais au fait que le procédé, pour réussir, exige des températures élevées. Aux cinq couteaux (fig. 22/1, 2, 7, 10) exécutés selon cette technique, l'une des bandes ayant une proportion de 0,4–0,8% de carbone formait la zone du tranchant, tandis que l'autre, dont le pourcentage de carbone était de 0,2%, correspondait au dos et au manche. Sont, de même, caractéristiques les structures ferrito-perlitiques (fig. 9) où apparaissent de manière tout aussi évidente les zones de soudure (fig. 9/5, 6) de bonne qualité, qui constituent de véritables zones de passage vers les parties actives de la pièce (fig. 9/6). Vers le tranchant apparaissent aussi des zones puissamment corrodées (fig. 9/4). Les structures ferrito-perlitiques de ces pièces sont en bandes, avec une granulation relativement fine à bonnes propriétés mécaniques (fig. 9/1). Dans les zones de passage apparaissent des microstructures détériorées par le processus avancé de corrosion (fig. 9/2, 3). Leur dureté varie entre 158 et 441 HV. Les particularités techniques plutôt modestes qui caractérisent la facture du couteau de Zaharești (XVI^e siècle), où la bande d'acier plus dure, faute d'avoir été chauffée suffisamment, ne s'est pas déformée sur toute la largeur de la lame et a pénétré dans la bande ferritique, d'où il a résulté un tranchant mou (260 HV), nous font croire que son auteur ne possédait pas à la perfection la technologie du forgeage et de la soudure, ce qui le désigne comme un habitant des lieux. Les *pointes de flèches* découvertes à Vorniceni (fig. 22/3, 4 ; 24/3) représentent deux variantes de deux types différents : la première variante, appartenant au type I (fig. 24/3) a la feuille plate, de forme triangulaire, avec pédoncule, et offre des analogies avec des pièces de Baia et de Păcuil lui Soare⁸⁴. Elle comprend des zones stratifiées ferrito-perlitiques dont le contenu de carbone diffère (fig. 10/2, 3, 4). Ainsi,

⁷⁷ *Ibidem*, p. 56, fig. 23.

⁷⁸ *Idem*, *RevMuzMon*, 1, 1981 p. 78, fig. 4/1.

⁷⁹ Jean Maréchal, *Ogam, Tradition celtique*, 21, 1969, 1–6, p. 280–281.

⁸⁰ Voir note 48,

⁸¹ Șt. Olteanu, *StMatSuccava*, 3, 1973, p. 116.

⁸² B. A. Kolčín, *op. cit.*, p. 49 et suiv.,

⁸³ *Ibidem*.

⁸⁴ Voir note 61,

dans la zone du pédoncule nous avons relevé un matériel plastique à grande ténacité et faible dureté (85 HV) en comparaison de la zone de la pointe, où la dureté est de 465 HV. La seconde pointe de flèche est une variante du type II, à orifice d'emmanchement (fig. 22/3) et pointe plate en forme de feuille triangulaire. Les particularités technologiques du raccord des deux bandes a donné naissance à une structure martensitique de trempe extérieure (fig. 10/5), d'une dureté de 560 HV. Parmi les outils mentionnons : les *couteaux pour le travail des peaux* (fig. 22/5, 8), au tranchant légèrement courbe et au manche torsionné (de proches analogies se trouvent à Baia, Cocani, Hlineca, etc.)⁸⁵, qui ont une structure ferrito-perlitique (fig. 11/1) et perlito-globulaire (fig. 11/3, 4), ce qui leur a conféré une grande fragilité et une faible résistance mécanique (310 HV); les *faucilles* (fig. 22/12, 13) analysées font partie du type II⁸⁶ et ont une structure ferrito-perlitique, tout comme une *vrille du type réduit* (fig. 22/11). La même technique a servi pour la hache de combat du XVII^e siècle découverte à Suceava⁸⁷, dont la lame d'acier a été ajoutée par soudure après l'exécution de l'orifice d'emmanchement et du col. La structure métallographique⁸⁸ empiète sur la zone blanche de raccord entre les deux métaux à compositions chimiques différentes. Dans ce cas-ci, le passage de la structure ferritique à celle perlitique ne se fait pas graduellement, comme pour les couteaux et les pointes de flèches, mais par un seuil de soudure. Parmi les objets d'usage courant réalisés suivant cette technique mentionnons : les *boucles de ceintures* (fig. 22/6 ; 24/2), de forme rectangulaire ou à base droite et à la partie supérieure ovale, et un *couperet*, présentant de proches analogies avec des pièces de Baia⁸⁹, auquel des structures perlito-ferritiques (fig. 11/2) ont conféré de la résistance dans les zones les plus actives.

4. *Le dernier procédé technique* consiste dans le modelage des pièces par soudure de trois bandes de métal dont deux ont la même composition chimique. Ce procédé est difficile à appliquer, car il exige un contrôle strict de la température de chauffe et de forgeage des bandes, parallèlement à celui de la direction d'écoulement du matériel. Les *couteaux* exécutés selon cette technique (fig. 23/2, 3, 11 ; 24/5, 6) ont des structures caractéristiques différentes suivant le traitement thermique appliqué et la modalité de la trempe. Le matériel de base de tous les couteaux a une structure ferritique non uniforme, à grande granulation, en raison de la chauffe produite pendant l'usinage (fig. 13/1, 5 ; 12/3, 7), avec des carbures dispersés et des oxydes qui favorisent les produits de corrosion. La dureté dans cette zone varie entre 68 et 86 HV. A la limite des grains (fig. 13/7) on relève un commencement de dégradation par corrosion dans les zones de passage d'une bande à l'autre, vers l'extérieur (fig. 13/2, 3, 6) ; entre le matériel de base et la couche corrodée il existe une succession de petites fissures, à partir desquelles commencent les structures à granulation plus ou moins uniforme (dans cette zone, la dureté est comprise entre 82 et 115 HV). Cette zone de passage est suivie par celle de la soudure de bonne qualité (fig. 12/1, 2 ; 13/8) ; parfois apparaissent aussi des zones qui, sous l'influence thermique, ont acquis des structures Widmannstätten (fig. 13/4 ; 15/3). Dans la zone de soudure on remarque que la direction des fibres suit celle du forgeage, la dureté s'accroissant de 168 à 232 HV. La proportion de carbone croît progressivement de 0,02% (dans la zone de base) à 0,03% (dans la zone de passage) et à 0,4–0,5% dans la zone du tranchant, où la dureté atteint 345 HV. L'accroissement du carbone dans la zone du tranchant est dû soit au processus de cémentation (fig. 13/9 ; 15/1), soit à la trempe, qui a donné naissance à des structures martensito-troostitiques (fig. 12/8, 9). En fonction de cette différenciation structurelle dans le cadre de la technique en cause, on observe deux manières d'arranger les bandes métalliques : ou bien on plaçait la lame d'acier (en fonction de l'utilisation de la pièce) entre deux feuilles de fer (fig. 23/2), ou bien les structures latérales étaient d'acier et la partie centrale de fer. C'est suivant cette technique qu'ont été réalisées également les six *pointes de flèches* (fig. 23/7–10 ; 24/1, 4) du type III à pédoncule et pointe pyramidale, présentant une structure ferritique centrale (fig. 14/3) et un pourcentage de carbone de 0,25% (210 HV). Aux structures de transition la proportion de carbone s'accroît (fig. 14/4, 5), atteignant à l'extérieur de la pointe 0,4%, avec une dureté de 450 HV. Les structures perlito-ferritiques de l'extérieur de la pointe sont d'une grande homogénéité et ont de bonnes propriétés mécaniques. Parmi les pièces confectionnées suivant cette technique mentionnons les *poin-*

⁸⁵ N. Constantinescu, *op. cit.*, p. 91 ; N. Zaharia, M. Petrescu-Dimbovița, Em. Zaharia, *op. cit.*, pl. 175/15 ; Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 91, fig. 52/3.

⁸⁶ Voir note 69.

⁸⁷ Emil Ioan Emandi, *Studii Sibiu*, 2, 1981, p. 48,

fig. 16 ; 28/1,2.

⁸⁸ *Ibidem*.

⁸⁹ Eug. Neamțu, V. Neamțu, Stela Cheptea, *op. cit.*, p. 64, fig. 31/8.

cons (fig. 23/6 ; 26/1, 2) et les *crochets* en forme d'« U » (fig. 23/5), ainsi qu'un *cadenas* de forme parallélépipédique, au manchon asymétrique par rapport à l'orifice (fig. 23/1, 4). Les analogies les plus proches pour ces pièces se trouvent à Baia et à Suceava⁹⁰. Ces pièces ont une structure ferrito-perlitique vers l'extérieur et ferritique vers l'intérieur, ce qui leur a conféré ténacité et résistance à un usage prolongé. On remarque que dans la plupart des pièces exécutées suivant cette technique les soudures réalisées par forgeage sont de bonne qualité (1000°C), avec une perte de métal infime en comparaison des soudures d'aujourd'hui.

Par la présentation, dans leur diversité, des types de pièces analysés et des procédés techniques de leur réalisation, nous avons essayé de cerner une image aussi fidèle que possible de la permanence historique, de la perpétuation, de l'assimilation et de la diffusion des techniques et des technologies artisanales, en tant que parties composantes de la civilisation de la Moldavie du nord au moyen âge. Il convient de souligner que cette composante de la civilisation médiévale roumaine s'est développée sur la base d'une métallurgie d'extraction, réduction et usinage du fer qui, durant certaines périodes, s'est située au niveau européen. Bien que certains problèmes comportent encore des lacunes en ce qui concerne la synchronisation parfaite de la technique assimilée et de la chronologie des pièces, le nombre considérable d'objets analysés sous le rapport métallographique nous autorise à formuler, à titre préliminaire pour l'instant, une série de conclusions.

La pratique de la métallurgie du fer est attestée avec certitude dans tous les établissements du moyen âge fouillés, aussi bien par l'existence d'ateliers que de restes de métaux en cours d'usinage et de scories. L'exploitation des minerais à contenu de fer réduit (limonite, sidérite) présents dans les strates géologiques tertiaires apparaît comme plausible si l'on prend en considération, d'une part, les structures métallographiques de certaines pièces et la similitude entre les éléments chimiques des scories et les pièces soumises à l'analyse et, d'autre part, les nombreuses attestations documentaires ou offertes par la toponymie. De même, il faut admettre que près de 75% des pièces découvertes en milieu rural ont été confectionnées dans des ateliers urbains, où l'expérience et les connaissances avancées des artisans sont illustrées par les procédés employés, la finesse des structures, la perfection des soudures et la qualité des procédés de durcissement des parties tranchantes. La variété des outils découverts en milieu rural et la destination nettement spécialisée de certains d'entre eux (dans les domaines de la charpenterie, de la menuiserie, etc.) attestent, de même, leur provenance urbaine, confirmant ainsi une fois de plus le niveau élevé de spécialisation et de diversité atteint par la production du XV^e au XVII^e siècle. Il est intéressant de souligner que les outils mis au jour en milieu rural proviennent d'établissements situés à proximité de la route reliant le nord de la Moldavie aux villes transylvaines de Bistrița et de Baia Mare, sur laquelle avait lieu une circulation assez intense de produits fabriqués ou semi-ouvrés, abondamment attestée par les documents du temps⁹¹. Dans l'ensemble, il est permis d'affirmer que l'importation des produits — « fer » ou « ustensiles » — de Brașov et de Bistrița a exercé une action bénéfique sur le développement économique de la Moldavie, contribuant largement, à côté du va-et-vient des artisans, aux progrès réalisés par celle-ci dans ce domaine. Enfin, toujours en rapport avec les techniques d'exécution et le problème de la provenance de certaines pièces, nous croyons pouvoir admettre, en nous fondant sur les données stratigraphiques et sur les datations établies par voie d'analogie avec le matériel céramique⁹², que certains procédés technologiques — tels que celui de la cémentation, ou celui de la soudure des bandes de métaux à compositions chimiques différentes — ont été connus en Moldavie, le premier à partir de la première moitié du XV^e siècle (pour se généraliser dans la seconde moitié de celui-ci), le second — qui marque une nouvelle étape dans la métallurgie du fer — dès la seconde moitié du XIV^e siècle, pour se généraliser aussi par la suite. C'est justement ce niveau relativement élevé de développement de la société médiévale roumaine qui a favorisé aux siècles suivants la différenciation et la spécialisation des métiers, contribuant par là substantiellement à la modification ultérieure des rapports ressources-production, milieu rural-milieu urbain et marché-organisation.

⁹⁰ *Ibidem*, p. 59–60, fig. 29/1.

⁹¹ Voir notes 9, 27 et 28.

⁹² Mireca, D. Matei, Emil Ioan Emandi, *Habitatul mediev-*

val rural din Valea Moldovei și bazinul Șomuzului Mare (secolele XI–XVII), București, 1982.

ANNEXE 1

Types de pièces analysées	Procédés technologiques utilisés					Chronologie des pièces				
	Pièces en fer	Pièces-acier		Soudure de deux bandes	Soudure de trois bandes	XI – XIII	XIV – XV	XVI	XVI	XVII
		bloc	bandes							
1. Couteaux	••	••	••••	•••••	•••••••	•	•	•	•	
2. Flèches	••	••	••	••	•••••••		•	•	•	
3. Éperons	•••••						•	•		
4. Ciseaux	•									•
5. Fers à cheval	••						•		•	
6. Chaîne de chevrette	•						•			
7. Gros clous	••						•		•	
8. Guimbardes	••							•		
9. Faucilles		•		••			•	•	•	
10. Petite hache- modèle			••				•	•		
11. Pointe de lance			•			•				
12. Pioche			•							•
13. Cadre de bêche			•					•		
14. Limes		••						•	•	
15. Vrilles			•••••	•			•	•	•	
16. Anneau		•						•		
17. Hache-herminette			•						•	
18. Hache-cognée			••			•		•		
19. Faux		•							•	
20. Boucles		••		••			•	•	•	
21. Ciseaux		••						•	•	
22. Traceret		•								•
23. Scie		•						•		
24. Couteau de pelle- terie				••				•		
25. Alène					•					
26. Agrafe de montage					•			•		
27. Clef					•				•	
28. Mors	••							•		•
29. Petite pelle	•								•	
30. Hache de combat	•			•		•				
31. Couperet				•				•		
32. Cadenas					•			•		