على العكس من المعادن والخزف أو الزجاج الذين هم نتاج لتقنيات تحويل للمواد الطبيعية (أكاسيد، طينة، سليكا، إلخ...)، فإن المواد العضوية تتواجد في بيئتنا على حالتها الطبيعية. وهي عبارة عن مواد حيوانية ومصادر نباتية قد تم استغلالها علي مدار الزمن.

قد تكشف بعض الحفريات عن كميات وفيرة من القطع أو البقايا العضوية في حين ينعدم في البعض الآخر، وإن وجد يكون هذا في صورة بقايا.

يتحدد مدى شدة التدهور dégradation الذي تعرضت له المواد العضوية على نوع الوسط خلال فترة الترك.

إذا كان من المستحيل علينا، في هذا الباب، التفصيل بإسهاب لجميع طرق حفظ المواد العضوية الكثيرة جداً والمتنوعة، فإننا نقترح أن يكون هذا من خلال أربعة مواد هي الأكثر شيوعاً في الاستعمال لصناعة القطع (خشب – خوص، جلد حيوان – جلد مُصنع، عظم – عاج، نسيج) والتي سنستعرض الخصائص الفيزيوكميائية لطبيعتهم وللتغيرات التي تمر بهم.

إن أغلب أسس التغيير تلك altération تعمل علي القطع خلال فترة الدفن، وإذا كنا لانستطيع بالقطع معرفة هذه الظواهر التي تنتمي لماضي القطعة بشكل مؤكد، فإن ملاحظة الأطوار المختلفة لها وقت الكشف عنها، والتي نستكملها بتحليل الوسط الموجودة به، يكون أساساً لاختيار طريقة الحفظ.

إن الاكتشافات والتطورات الهائلة التي تمت خلال عشرون عاماً تمكننا اليوم من أقتراح سلسلة من المعالجات التي وإن كان يمكن بلا شك تحسينها لبلوغ الكمال إلا أنها تتوافق مع المشاكل الملموسة للحفظ الأثري.

سيتم في هذا الباب التعرض للتقنيات الأساسية للحفظ، وسنركز على الطرق الخاصة بالآثار والتي يتم فيها التدخل في أدني صوره لكي نصل لحالة استقرار للقطعة تبقي فيها وظيفتها وتقنيتها وتاريخها بقدر المستطاع مُستكملة ومُستقرءة.

المواد العضوية: في الحالة الطبيعية

تتضمن المواد العضوية كل المنتجات الطبيعية النابعة من الوسط النباتي والحيواني. تتعرض علوم الأحياء النباتية والحيوانية لمراحل مختلفة من تطور المادة الحية. المراحل الأساسية فيها تكون: التكاثر، النمو، النضوج، الفناء (التلاشي). تكون الخلية هي الوحدة الأساسية لهذه المادة. عن طريق عملية الانقسام المتتالي فإن ملايين الخلايا المتكونة تنتظم على شكل نسيج tissu. في أثناء النمو فإن خلايا النسيج تختلف عن بعضها البعض، عن طريق شكلها وطبيعة مركباتها الكيميائية لتصبح لها طبيعة نوعية خاصة بها.

المادة العضوية تكون إذاً مكونة من أنسجة مختلفة، يمكننا أن نُعرف من ضمنها: أنسجة التخزين والدعم والتوصيل عند النباتات، والأنسجة الضامة (الرابطة) والعظمية عند الحيوانات. إذا ما أردنا فهم طبيعة المواد العضوية، فإنه من الضروري معرفة عناصر التكوين الأساسية بها، ونعني بهذا الخلايا بما يكون لها من تركيب كيميائي وما هي عليه من ترتيب يأخذ شكل النسيج.

1/المواد العضوية النباتية:

الطبيعة الكيميائية للخلايا النباتية

تكون الخلايا النباتية محصورة بجدار مكوناته الكيميائية الأساسية من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين (الخشبين).

السليلوز cellulose، وهو بوليمر عالي طبيعي، يكون في صورة بولي سكاريد (سكر عُدادي) polysaccharide، مُكون من الاتحاد المتسلسل لجزيئات ذات طبيعة سكرية، بفضل روابط من النوع الجلكوزي (Arnaud, 1978). الوحدة الأساسية له تكون مكونة من عدد اثنين سكر لهما ست ذرات من الكربون (هكسوز) hexoses، وهي تماثل تكوين البيتاسلوبيوز β-cellobiose $(C_{12}H_{20}O_{10})_n$ (شكل ١– ا). القيمة n، التي تعبر عن درجة البلمرة وتمثل عدد الوحدات الأساسية للسلسلة الجزيئية، تكون في حدود 3000، وقد تنخفض إلى 1000 عندما تتغير السلسلة بالتميؤ hydrolyse أو بالأكسدة oxydation، وهي تفاعلات تسبب كسر الوصلات البين–جزيئية.

يعمل التجمع لمايقرب من ٤٠ سلسلة سليلوزية على تكوين الليفة الأولية (البسيطة) fibre élémentaire، وهي تمثل أصغر قطر يمكن التعرف عليه تحت الميكروسكوب الإلكتروني ويكون حوالي ٣٥ أنجستروم (الـ ١ أنجستروم = ١٠-١٠ متر).

في أماكن معينة يكون لسلسلة السليلوز تنظيم متقن فيما بينها. وهذا يكون راجعا لتكون وصلات ثانوية بين السلاسل الجزيئية، ويترجم على الليفة الأولية بوجود مناطق متبلورة zones cristallines (تسمي أحياناً ذرات حَكّمية micelles). هذة المناطق يمكن الكشف عنها بالتحليل عند إستطارة الأشعة السينية (أشعة X) diffraction-X. وهي تكون متقاطعة بطول الليفة الأولية مع مناطق أخرى تسمي «لابلورية» (غير متبلورة) amorphes، وفيها تكون سلاسل السليلوز – غير المقيدة – عديمة الانتظام. تكون هذة المناطق اللابلورية ذات أفضلية لتركز التغييرات altérations (شكل ١ – ب). إن تجمع agrégation الألياف الأولية يُولد ألياف مِكروية (متناهية الصغر) microfibrille، بقطر من حوالي ١٠٠ إلى ٣٠٠ أنجستروم.

تحمل سلاسل السليلوز وظائف الهيدروكسيل hydroxyles (OH) ، الذي بإمكانه أن يُكون مع الماء (HOH) روابط هيدروجينية؛ هذه الخاصية تجعل من السليلوز مركباً مسترطباً hygroscopique. في الواقع، فإن كثيراً من وظائف الهيدروكسيلات تكون مشتركة سواء عن طريق تكوين مناطق بلورية من السلسلة السليلوزية أو عن طريق عمل إئتلاف بين الألياف الأولية وتجمعاتها لتكوين ألياف مِكروية. ولايمكن للماء إذاً أن يرتبط إلا بالجزيئات الداخلة في تكوين منطقة لابلورية أو بالتي تكون فيها وظائف الهيدروكسيل حرة.

وهكذا فإنه كلما كانت سلاسل السليلوز متدهورة dégradées، مع وجود زعزعة في المناطق البلورية التي ينتج عنها وظائف هيدروكسيل جديدة، كلما أصبح الماء قادرا على إقامة روابط هيدروجين جديدة، فيزيد مع ذلك استرطاب السلاسل.

الهيمي سليولوز (النصف–سليولوزات) hémicelluloses هي سكريات عُدادية polysaccharides متشعبة تكون مكوناتها الأساسية سكريات مثل: د–كسيلوز

(سكرالخشب D-xylose)، د–جلاكتوز D-galactose ، د–جلوكوز D-glucose، ود–مانوز D-mannose وكذلك ترسبات لحامض د–جليكورنيك D-glucuronique ود–جلاكتيرونيك D-galacturonique (Arnaud, 1978; Florian, 1987). وتكون درجة بلمرتها n منخفضة جداً عن السليلوز (200 > n > 150)، الذي لا تحمل خصائصه البلورية. وهي تتضمن كذلك وظائف هيدروكسيل متعددة قابلة للارتباط بالماء، ولكن مع إعتبار تركيبها اللابلوري، فهي تكون بالمقارنة أكثر استرطاباً hygroscopique من السليلوز.

الليجنين (خشبين) lignine، هو بوليمر عالي نابع من تكثيف مركبات عطرية aromatique، متعددة تتضمن مجاميع هيدروكسيل وكربوكسيل وميتوكسيل؛ والتي على الرغم من بنائها غير البلوري فإنها تكون ثابتة كيميائياً بفضل هيئتها الثلاثية الأبعاد. وهي التي تضمن تصلب جدار الخلية وبالتالي النسيج النجبي libérien.

أثناء نمو الخلية الشابة، يتكون أول جدار المسمى بالجدار الأولي (جدار)، ويكون رقيقاً جداً؛ ويزداد سمكاً بالتدريج عن طريق ترسبات متتالية لطبقات السليلوز التي تكون الجدار الثانوي (جدار). سُنعرف جداراً ثالثاً (جدار) وفيه تكون توجهات orientation الألياف المِكروية مختلفة عن الجدران السابق ذكرها. وكذلك، فإن التوجهات الخاصة التي تأخذها الألياف المِكروية في قلب الجدار تسمح بتعريف ثلاث طبقات S3, S2, S1، (شكل ٢).

وفقاً للفصائل النباتية فإن الاختلافات التي نلاحظها بين إتجاهات الألياف المِكروية في داخل الطبقات المختلفة لجدار الخلية تكون لحد ما ذات أهمية؛ هذه الظاهرة تؤثر على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأنسجة النباتية (Tsoumis, 1968). يكون السليلوز هو المُكون الأعلى من الناحية النوعية في جدار الخلية وبالأخص في الجدار؛ ويتواجد متحداً مع مركبات أخرى مثل الهيمي سليلوز، أو البروتينات، أو المواد البكتينية، ويختلط الليجنين مع السليلوز في أثناء نمو بعض النباتات في داخل الجدار.

القطن

القطن هومادة أولية تستخدم في صناعة الألياف النسيجية وفي عمل عجينة الورق السليلوزي. وعلى حسب مصدر النبات وعمره، فإن شعيرات القطن في المنطقة الوسطى يكون طولها من ٢ إلى ٣ سم وقطرها من 15 إلى ١٨ ميكرومتر.

عند جفافها، تُفرَغ خلايا الشعيرات من محتواها الخلوي. تُسطح الشعيرات مع البرم وهذا يكسبها مقطع مستعرض مميز على شكل نبات الفاصوليا. ولا يبقى إذاً إلا غشاء الخلية (Chêne, Drisch, 1967).

يكون جدار خلية القطن II مكون من ٩٤ ٪ سليلوز عالي البلورة، وبعض أنصاف–سليلوز hémicellulose، في حين يحتوي الجدار I على البكتين والشمع الذي يكسب القطن خاصيته الماصة للماء في الحالة الطبيعية له.

الكتان

الكتان هو ليفة fibre قادمة من نبات (*Linum Usitatissinum*) قد يصل طولها إلى ١٫٢٠ متر وقطرها من ١ إلى ٣ ملي متر.

الألياف الأساسية للكتان يتراوح طولها ما بين ٦ إلى ١٠ ميكرومتر ويكون لها قطاع مميز ذو شكل مضلع polygonale. وتكون مكونة من ٨٠ ٪ سيليلوز عالي البلورة مكسباً الليفة خصائص ميكانيكية جيدة جداً، غير أن قدرتها على الإلتواء تصبح ضعيفة. هذه الخاصية الفيزيائية الأخيرة تؤدي إلى تكون مناطق انخلاع dislocation بطول الليفة الأساسية تسمى «ركبة» وهي مناطق ضعف في تكوين الألياف المِكروية، لها قابلية أكبر للتغيير altération (Sotton, 1986).

إن تجمع من ١٠ إلى ٣٠ ليفة أساسية بواسطة «أسمنت» يحتوي على البكتين والليجين يُكون شعاع. يكون لمجموع الأشعة، بعدد ٣٠ أو ٤٠ شعاع، طول مساوي تقريباً لطول النبات.

الخشب

يمثل الخشب البناء الأكثر تقدماً وإكتمالاً في عالم النبات. فبغض النظر عن فئته، سواء كان قادماً من أشجار ورقية (Angiospermes) أو أشجار صنوبرية (Gymnospermes)، فإن الخشب يتكون من مجموعة خلايا مختلفة مقاساً وشكلاً على حسب وظيفة كل منها؛ ويكون ترتيب الخلايا به مميزا لنوعه. يُظهر مقطع مستعرض للخشب حلقات الجذع الدالة على النمو، وهذا يتضح من مقطع مفتوح للقنوات الدقيقة vaisseaux في الأشجار الورقية ذات المناطق المسامية أو من اختلاف الألوان والكثافة في الأشجار الصنوبرية. تكون حلقات الجذع ناتجة عن الدورات الفصلية لنمو الشجرة وهذا يعني تعاقب الخشب الربيعي (الخشب الأوّلي) وخشب القلب (الخشب النهائي). في الأشجار الصنوبرية تكون القنوات الصمغية غالباً مرئية في هذا المقطع.

يظهر علي الوجه المستعرض لأي خشب أشعة rayons يمكن إلى حدٍ ما التعرف عليها حسب عرضها، وهي تكون واضحة في شجر البلوط وشجر الزان (بعرض من ٠,٥ إلى ١ مم).

في مقطع مستعرض تظهر الأشعة وقد استقطع طولها، في حين أننا نتبينها بوضوح على مقطع نصف قطري عن طريق إتجاهها المتعامد على إتجاه الألياف الأخرى.

العناصر المميزة للأشجار الورقية هي وجود قنوات أنبوبية دقيقة وهي فراغات داخلية في الخلايا، ويمكن لها أن تكون كبيرة جداً (من ٠,١ إلى ٠,٢ ملي متر) (شكل٣-ب). وهي مكونة من خلايا متراصة جنباً إلى جنب، ولكنها مفتوحة بحيث تُشكل أنبوبة. وتمتلك فضلاً عن ذلك تنقيط ponctuations متعدد يكون عبارة عن فتحات تسمح بالتوصيل العرضي للسوائل إلى الخلايا المجاورة (Schweingruber, 1982).

في الشجر الصنوبري تكون العناصر المميزة هي قصبات القنوات الخشبية trachéides، التي تمثل حوالي ٩٥ ٪ من تكوين الخشب وهي ضيقة (٥x١٠-٣ إلى ٨٠ x ١٠-٣ مم) ولكنها طويلة جداً (حتى ٧ مم)، وبدون

ثقوب. يمكن أن يكون التنقيط بسيطا على هيئة نصف هالات أو هالات كاملة. وتلك الأخيرة تُكون فتحات في مستوي القنوات الدقيقة أوقصبات قنوات خشبية وتلعب دوراً مهماً في حركة السوائل داخل الخشب. التنقيط يكون نابعا من إنكماش في الجدارين.

في الصنوبريات تظهر حواف التنقيط قبل تكون الجدار. في ذلك الأثناء يتغير الجدار عن طريق زيادة سمك مركزية تسمي حلقة torus. تترتب الألياف المِكروية حول الحلقة في صورة أعواد نصف قطرية تؤدي إلى خلق ممر margo. تتخذ المواد المذابة هذا الممر في الإنتقال من خلية لأخري (شكل ٤). في الوضع العادي تأخذ الحلقة وضع مركزي، لكنها قد تنجذب نحو حافة أو أخرى من حواف التنقيط (Tsoumis, 1968).

التنقيط يكون متشابه جداً في أغلب الأشجار الورقية، على حين لا يحتوي بعضها على حلقة torus؛ يكون الغشاء الخارجي للتنقيط إذاً هو الجدار الذي لم يتغير. تمر المواد عبر هذا الجدار بالانتشار.

قد تم وصف بناء جدار الخلية من قبل. في خلال المرحلة الأخيرة لنمو الخلية في الخشب يتكون راسب من الخشبين (ليجنين) lignine على الجدار الذي لايحتوي إذاً إلا على قليل من السليلوز (٢٥ ٪ من الوزن في الحالة الجافة).

تحتوي خلايا الخشب غالباً على مواد دخيلة tyloses في القنوات الدقيقة لبعض الأشجار الورقية كالبلوط مثلاً، وهي قد تنمو حتي الانسداد التام للقناة ودورها يكون ذوأهمية قصوى لحركة السوائل داخل الخشب.

وبنفس الشكل وبطريقة أكثر شيوعاً من الموجودة في الأشجار الورقية، فإنه في الأشجار الصنوبرية تتكون في الأشعة ترسيبات غير عضوية على شكل بلورات لأوكسالات الكالسيوم مثلاً، وهي يمكن أن تعوق المرور الجيد للسوائل في قلب الخشب.

في الحالة العامة، تغير الرطوبة الداخلية للخشب من خواصه الفيزيائية والميكانيكية وكذلك من صلابته ومقاومته للكائنات المِكروية.

ينتفخ الخشب في وجود الرطوبة وهذا يكون راجعا للخاصية المسترطبة لمكوناته ويتعرض للتراجع عند جفافه وبالأخص عندما يصل إلى رطوبة أقل من نقطة تشبع الألياف. وهي تمثل معدل رطوبة الخشب عند انتفاخ الألياف (المتشبعة بماء شبه غروي (غرواني)) مع عدم وجود أي سائل أو «ماء حر» في الأماكن الخالية التي تُكون البناء الشعيري structure capillaire للخشب (قناة دقيقة، أشعة، إلخ...).

تكون نقطة تشبع الألياف في نطاق من ٣٢ إلى ٣٥ ٪ من الوزن الجاف في الأشجار الورقية ومن ٢٦ إلى ٢٨ ٪ في الأشجار الصنوبرية؛ هذا الفرق يُفسَر بوجود نسبة أعلى للهيمي سليلوز – الأكثر إسترطاباً من السليلوز– في جدار الأشجار الورقية تكون أكبر مما هي عليه في جدار الأشجار الصنوبرية (Tsoumis, 1968).

الخشب هومادة متباينة الخواص anisotrope فلا ينكمش بنفس القدر في كل الإتجاهات. تكون النسبة بين الانكماشات على المحاور الطولية والنصف قطرية والمماسية هى ١: ٢: ٣ (شكل ٦).

بدراسة ذلك للأشجار الصنوبرية، فقد تم تفسير هذا الفرق عن طريق الترتيب الحلزوني للألياف المِكروية لجدران الخلية، وهذا الترتيب يختلف حسب الإتجاه النصف قطري أوالمماسي. علاوة على أنه في الأشجار الصنوبرية يوجد في الإتجاه النصف قطري تنقيط متعدد في جدران الخلية يقوم موضعياً بقطع الشد الموجود في الألياف المِكروية والناتج عن التجفيف. وليس هناك أدنى شك أن الصفات المتباينة الخواص للخشب يكون مرجعها توجه الألياف المِكروية في جدران الخلية علاوة على توجه الألياف في الشجرة.

مدى أهمية التراجع المماسي تُفسَر أيضاً عن طريق حدوث تبادل للخشب الأولي مع الخشب النهائى الذي يشكل حلقات الجذع الدالة على النمو.

وبشكل نهائي، فإن انتفاخ وتراجع الخشب لا يرجعا فقط إلى جدران الخلية بل أيضاً إلى عدم تجانس مجموع الأشعة المكونة له مثل: القنوات trachéides، الألياف، القنوات بمقاساتها المختلفة، الخشب الأولي، الخشب النهائي... التفاعلات ذات الطبيعة المختلفة لهذه الأنسجة ينتج عنها على مدار التجفيف تراكب superposition للإجهادات الناشئة عن التدرج في الرطوبة.

الطبيعة الكيمائية للخلايا الحيوانية

مجموع خصائص الخلية الحيوانية هو صورة من طبيعتها المعقدة والمتنوعة. سندرس هنا الخصائص التي تؤثر بطريقة مباشرة في تغيير altération وحفظ الأنسجة الحيوانية.

كما هو الحال في الخلية النباتية، فإنه أساساً ما يكون تكوين وتنظيم جدران الخلايا الحيوانية هو الذي يعطي دلالة أكبر لخصائصها.

أغشية الخلايا الحيوانية تكون مكونة من نسبة ٦٠ ٪ بروتينات و٤٠ ٪ دهنيات مركبة.

الدهنيات المركبة lipides complexes هي مركبات ثنائية القطب لها قطب مضاد للماء hydrophobe وقطب مؤتلف مع الماء hydrophile؛ ويكون لها إذاً توجه معروف في الغشاء بالنسبة لجزيئات الماء.

البروتينات هي جزيئات كبيرة macromolécules نابعة من تسلسل الأحماض الأمينية، التي تكون عبارة عن مركبات تمتلك فيها الخلايا وظيفة أمينية (NH_2) ووظيفة حامضية كربوكسيلية (COOH)، المواضع النسبية لهاتين الوظيفتين يمكن أن تختلفا، ونعرف تبعاً لذلك: أحماض ألفا-أمينية، بيتا-أمينية، إلخ...

يكون المشتركون في تكوين البروتينات هم من الألفا الأمينيات الذين لهم معادلة عامة (-HN-R-COO-)؛ البعض منها المعقد بشكل أكبر، يمكن أن يكون لهم وظائف متعددة حامضية أو أمينية. أغلب تلك الأحماض الألفا أمينية (أحماض أمينية) aminoacides يكون لها اسم خاص بها.

كون الأحماض الأمينية تمتلك دوراً حامضياً ودوراً قاعدياً أمينياً يقودها إلى التصرف بشكل بيني فيما بين حالتين، ففي المحاليل الحامضية تتصرف كقاعدة، وفي المحاليل القاعدية تتصرف كحامض.

على الرغم من ذلك، فإنه توجد قيمة لرقم الـpH (الأس الهيدروجيني) التي يكون فيها جزئ الحامض الأميني aminoacide متعادلاً كلياً، ونسمي هذه القيمة نقطة التكافئ الكهربي point isoélectrique.

تنتج البروتينات عن طريق التكثيف لعدد كبير من جزيئات الأحماض الأمينية عن طريق استبعاد جزئ ماء. تكون البروتينات إذاً عبارة عن سلاسل طويلة لحدٍ ما، خطية أو دورية. الوصلة -CO-HN- تشكل التجمع المميز لهذه السلاسل؛ وهذه هي الوصلة الببتيدية (الهضمية) liaison peptidique

يوجد فقط عدد عشرون حامض من الأحماض الأمينية المختلفة، يضاف إليها عشرة من الأحماض الأمينية الأكثر ندرة. تعطي التراكيب المتعددة الفرصة لتكوين ملايين البروتينات المختلفة.

السلاسل البروتينية الناتجة عن فقد جزيئات الماء، تكون بالطبع عرضة للتميؤ. التميؤ الكامل للسلسلة يحرر الأحماض الأمينية. تكوين هذه السلسلة البروتينية يشكل البناء الأولي (بناء I) للبروتينات.

البناء الثانوي (بناء II) يُعرف الشكل الهندسي الفراغي للبروتينات. وتلتف السلسلة على هيئة ملف حلزوني مدعمة بوصلات هيدروجينية تربط لفتين متتاليتين فيما بينهما. الخطوة من الملف (البعد بين لفتين) تحتوي تقريباً على أربعة وصلات ببتيدية، إذاً تكون المسافة التقريبية ٥,٤ إنجستروم

البناء الثلاثي (بناء III) وهو يُعرِف الترتيب فيما بين عدة ملفات، تكون مندمجة فيما بينها لتكوين البروتينات الليفية التي من ضمنها مثلاً: الكيراتين kératine، الفيبروين fibroïne، الكولاجين collagène.

تتعرض البروتينات تحت تأثير الحرارة لتبدل في الطور يكون غير رجوعي.

الصوف

الصوف هو شعر حيواني متطور بوجه خاص. وهو مكون أساساً من مادة مركبة وهي الكيراتين kératine، وهي بروتين ناتج من تسلسل مجموع ٢٠١ حامض أميني شبكي الشكل على هيئة ملف لولبي (بناء) عن طريق وصلات متعددة يدخل فيها ذرات الكبريت القادمة من السيستين cystine (انظر الجدول). السلاسل البروتينية تتحد بعد ذلك لتكوين الألياف المِكروية التي تشارك في بناء جدران الخلايا المكونة للشعر.

الجزيئات المدارية المسطحة التي تكون الجلد cuticule تتراص بطريقة قشرية، وتكون مرئية تحت الميكروسكوب البصري.

على حسب نوع الحيوان فإننا نفرق بين الألياف ذات الخلايا «البارا» para التي تكون صغيرة ودقيقة أو «الأورتو» ortho ذات الخلايا الأكثر غلظة

الصوف ينتج في وسط مائي (follicule pileux)؛ ويكون إذاً مستقر في الأوساط الرطبة. غير أن فترة تساوي الجهد الكهربي isoélectrique تقع عند رقم للـ pH ما بين ٥ و ٧؛ دونها أوأعلى منها تنتفخ الخلايا بطريقة متباينة: من ١ إلى ٢ ٪ في الإتجاه الطولي و ٣٥ إلى ٤٠ ٪ في الإتجاه العرضي (Florian, 1987). وبالتالي فإن الصوف لا يقاوم جيداً الأوساط شديدة القلوية (رقم الـ pH > 10).

بعض المواد الحيوانية الأخرى، بخلاف الشعر، تحتوي أساساً على الكيراتين، بالأخص قرن الحيوان، قشور السلحفاة، إلخ... نتعرف على المواد المكونة أساساً من الكيراتين من رائحة الكبريت التي تنبعث منها أثناء احتراقها (تحلل حراري)، ويكون هذا بسبب كسر الوصلات S-S من السستين cystine.

الحرير

الحرير هومادة تفرزها دودة القز bombyx لصنع الشرنقة التي تنمو فيها يرقاتها. وهي مكونة من نسيجين بروتينيين بمقطع مستطيل مكون من الفيبروين fibroïne، مدمج بواسطة أسمنت من مادة بروتينية وهو السيريسين séricine. في أثناء تصنيع الألياف النسيجية يستبعد الأسمنت عن طريق عمليات غسل الغزل.

الفيبروين هي بروتينات شديدة البلورة بفضل وصلات الهيدروجين المتعددة بها التي تعمل على تداخل السلاسل العرضية للأملاح الأمينية في عملية تكوين بناء ثلاثي الأبعاد. الفيبروين تكون بالتالي قليلة الاسترطاب وشديدة المقاومة للعوامل الكيميائية والبيولوجية (Florian, 1987).

جلد الحيوان

يتكون جلد الحيوان من طبقتين رئيسيتين، البشرة أو طبقة الجلد الداخلية épiderme وهو غشاء دقيق، والأدمة أو طبقة الجلد تحت البشرة derme الذي يكون عبارة عن غشاء سميك فوق النسيج التحت جلدي hypoderme الذي يفصله عن الأعضاء.

تتكون البشرة من طبقات متعددة من الخلايا واحدة فوق الأخرى طباقاً؛ تقع منطقة التكوين فيها بالقرب من الأدمة. تنقسم الخلايا وتنتشر خلال نموها باتجاه السطح الخارجي حيث تموت وتسقط. خلال هذه العملية تتعرض الخلايا لتغيرات كيميائية: «الكرتنة» kératinisation وهذا يكسبها مقاومة أفضل في مواجهة الإحتكاكات الخارجية.

يفصل بين البشرة والأدمة غشاء كالزجاج متموج وشفاف. تكون الأدمة هي الجزء الأكثر أهمية في الجلد: تحت الغشاء الشبه زجاجي تقع الحلمات الجلدية الصغيرة papilles dermiques وهي مناطق حساسة مرواة جيداً وتمثل «زهرة» الجلد والتي عندها يتغلغل الشعر والغدد المختلفة. تكون المنطقة الأكثر عمقاً في الأدمة هي «اللحم» ويتكون من نسيج ناعم feutrage من

ألياف ذات طبيعة بروتينية مكونة أساساً من الكولاجين والألياف المطاطية. يتماسك الكل عن طريق مادة قاعدية تحتوي أيضاً على البروتينات والدهون ومختلف الكربوهيدرات والماء: مما يمنح الجلد طراوته ورطوبته.

تتكون الأدمة أساساً من الكولاجين والجزيئات البروتينية الضخمة macromolécules المتكونة من تسلسل أكثر من ألف حامض أميني من أهمهم الجلسين glycine، الآلانين alanine، والبرولين proline، (أنظر الجدول).

البناء من السلسلة يوضح متتالية متناوبة من الأحماض الأمينية المتعادلة غير المستقطبة والأحماض الأمينية المستقطبة وهذا يعني أن سلسلتها العرضية تحتوي على وظائف إما حامضية أو قاعدية أو هيدروكسيلية. الأولى يكون لها بناء بلوري والثانية يكون لها القدرة على التفاعل الكيميائي في مستوى السلاسل العرضية وتكون ذات طبيعة غير بلورية. في الحالة المستقرة، تلتف السلسلة البروتينية في ملف حلزوني (بناء من شكل ٧).

البناء يعبر عن إئتلاف ثلاثة من الحلزونات عن طريق وصلات هيدروجينية لكي يعطي جزيئ من ٢٨٠٠ إنجستروم تقريبياً ذات كتلة جزيئية في حدود ٣٠٠٠٠٠٠: وهو التروبوكولاجين tropocollagène.

تُكّون الجزيئات المؤتلفة مجموعة من الخيوط الدقيقة fibrilles تكون مرئية تحت الميكروسكوب الإلكتروني وهي تبدو على شكل شرائح متتالية داكنة وفاتحة، ويفسر هذا على أنه توالي للمناطق البلورية واللابلورية. ائتلاف الألياف المِكروية يكون مرده للوصلات الإسهامية covalentes الترابط البين جزيئية، التي تسبب تشابكاً réticulation طبيعياً يجعل من الكولاجين غير قابل للذوبان.

تقع النقطة ذات الجهد الكهربي المتوحد للكولاجين عند رقم للpH يقدر بـ ٦,٥. وبما أن الجزيئ يكون متعادل كلياً فلا يكون لها إلا القليل من الوظائف القادرة على الائتلاف مع الماء، فيصبح الانتفاخ في الماء إذاً أدنى ما يمكن. عند رقم للـpH حامضي أوقاعدي يمكن للانتفاخ أن يكون كبيراً جداً.

إن تحول الصفات الطبيعية بطريقة حرارية، والتي سبق ذكرها، تُترجم إلى عدم استقرار البناء (عدم انتظام الحلزون عن طريق كسر الوصلات الهيدروجينية): فيؤدي ذلك إلى إنكماش جلد الحيوان.

عند تحضير الجلود المصنعة فإن عملية الدباغة tannage تتضمن الإدخال لمادة دابغة tanin في جلد الحيوان يكون لها من الوظائف الكيميائية ما يمكنها من الإتحاد مع المناطق الحرة في الكولاجين. ومع تعطل تلك الوظائف فإنها تصبح أقل عرضة للتفاعل مع الماء والعناصر الكيميائية الخارجية. وبهذا يصبح من الصعب على الكائنات المِكروية (المتناهية الصغر) الوصول إلى الجزيئات.

الطبيعة الخاصة للعظم والعاج

يُعتبر العظم والعاج من المواد العضوية وذلك لكونهما قادمين من العالم الحيواني. وعلى الرغم من ذلك فإن لهما طبيعة ذات تركيب مختلط في تكوينهما الكيميائي.

فهما يتكونان بالفعل من مصفوفة عضوية ذات طبيعة بروتينية مطعم عليها أملاح معدنية وهي التي تعطي للعظم والعاج الصلابة الخاصة بهما.

يمثل الجزء المعدني حوالي الثلثين من الوزن في الحالة النضرة للعظم أو العاج ويكون ذلك بنسب متغيرة حسب النوع.

العاج

أغلب أسنان الثدييات مكونة من العاجين dentine، وهوما يطلق عليه «العاج» ويكون مطلي بطبقة خارجية من الميناء.

في أثناء نموالسنة يترسب نسبة الجزء العضوي على شكل طبقات متتالية معطياً للعاج بناء طبقي (ورقي)، lamellaire. يحتوي العاجين على ألياف الكولاجين ويكون هذا في مستوى البناء رقم II، في الشكل المروحي الذي يبدأ عنده التمعدن. الأملاح المعدنية المسببة لذلك تكون أملاح الكالسيوم والماغنسيوم، التي تكون أساساً على شكل فوسفات متحد مع فلور وكربون. يكون لفوسفات الكالسيوم بناء مقارب للهيدروكسيباتيت hydroxyapatite

يختلف بناء العاج بشكل ملموس في تنظيمه على حسب الفصائل الحيوانية. تشتمل أنياب فيل البحر على العاجين والذي يحتوي على قنوات طولية تشكل المجموعة الهافرسية système Haversien، وعلى العاجين الذي تنعدم فيه تلك الأخيرة. تحتوي أنياب الفيل الأفريقي على الدهنيات التي تزيد من شفافية العاج وعلى الألياف البروتينية المرنة (إلاستين) élastine.

العظم

الجزء العضوي من العظم يتكون من العظمين (بروتين العظام) osséine، وهوكذلك مكون أساساً من الكولاجين؛ وهونسيج كثيف على الحواف يشتمل على ثقوب دقيقة هذه الثقوب تكون شاهداً على نشاط الأوعيةactivité vasculaire التي جرت. في مركز العظام الطويلة، تكون المجموعة الهافرسية، التي تمثل المجموعة الوعائية القديمة، أكثر وضوحاً بما تحتويه من قنوات طولية ظاهرة جداً تكسب العظم بناءً إسفنجياً (Bresse, 1953) (صورة ١).

يكون للعظم والعاج خواص متباينة وذلك بفضل التوجهات الخاصة بقنواتها التي تعمل كأنابيب شعرية بالنسبة للسوائل من ناحية ومن ناحية أخرى بفضل إمكانية إمتزاز الرطوبة النسبية في مستوى الجزئ العضوي بها (جزيئات بروتينية ماصة للماء).

أحياناً ما يكون التفريق بين هاتين المادتين صعباً. يجب أن نبحث في قطاع مستعرض من القطعة، عن النسيج الإسفنجي للعظام أو عن رسوم على شكل نجوم أو منحنيات من تلك المميزة للعاج. أما على الوجه الطولي فإن العظم، عند تكبيره عشر مرات، يظهر به قنوات في حين أن العاج يكون مصمتاً تماماً.

غير أنه بعد تغطية العظم بالزيت أو الشمع أو بعد صنفرته، قد يكون صعب التعرف عليه. ويكون إذاً اللون والكثافة هما وحدهما القادران على اعطاء إجابة ما لنا.

تغيير المواد العضوية

التدهورات التي تتعرض لها القطع ذات الطبيعة العضوية تكون متعددة.

هذه التغييرات altération سواء كانت من النوع الفيزيائي أو الكيميائي أو البيولوجي، تبدأ من أول تشغيل للمادة الأولية وتمتد إلى أجل غير محدود. على حسب سرعة تقدم هذه التحولات يتحدد ما إذا كانت القطع ستؤول إلينا أم لا.

لا تعتمد هذه التحولات فقط على طبيعة البيئة المحيطة بالقطع، ونعني بها الوسط الذي تطورت فيه والذي يكون مُعرف عن طريق خصائصة الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية، ولكنها تعتمد أيضاً على خصائص المقاومة الذاتية للمادة التي تتكون منها القطعة.

من غير الممكن عمل تسلسل لأهمية عوامل التغيير، لأن تأثير هذه العوامل قد يجري في آن واحد أو قد يتكامل بتتابع وثيق.

حتى ندنو من المعرفة التامة لأقصى حد بأوجه التحول المختلفة التي تقود إلى تدمير المواد العضوية، سيتم تقديم هذه الأوجه مُصنفة في ثلاث زوايا: فيزيائية وكيميائية وبيولوجية. ومن الأهمية عند اختيار طريقة المعالجة أن نجري توليفة لهذه الأنواع الثلاثة من التغييرات وذلك مع مراعاة علاقتهم بوسط الدفن.

فوسط الدفن يمدنا ببيانات ملموسة حيث إن حياة القطعة قبل تركها لاتعتبر إلا كفرض من الفروض. إن مسئولية الوضع الذي ستؤول إليه القطعة بعد الكشف عنها يدخل ضمن إختصاصنا والنصيب الثقيل من هذه المسئولية الواقع على كاهل الشخص القائم بالحفظ والترميم سيتم استعراضه في سياق معالجات الحفظ.

التدهور من النوع الفيزيائي

هذا التدهور dégradation، يُحدث تغييراً في القطعة تحت تأثير إجهادات ميكانيكية خالصة. هذه الإجهادات تحدث في أغلب الأحوال إبان استعمال القطعة وقد تتسبب فى تركها وإهمالها. هذا التدهور يمكن أن يكون ناتجا

من حادثة كما في حالة الصدمة المسببة للكسر، أو أن يكون ثمرة استعمال متكرر أدى إلى البري أو التهتك لقطع الجلد أو النسيج مثلاً.

غير أنه بعد الترك، تتعرض القطع المدفونة أيضاً لتدهور فيزيائي تحت الضغط المترتب عن وزن التربة. ولا تخلو الأرض المغمورة من الإجهادات الميكانيكية، سواء الناتجة عن تأثير الحت الناتج عن الجزيئات العالقة أو ببساطة من حركة المياه (التيارات).

تتسبب ظواهر أخرى في إحداث شد ميكانيكي داخلي في القطعة: وهي التغييرات المناخية المعرفة بدرجة الحرارة والرطوبة اللذان يكونان عاملان مترابطان، فيؤدي التغيير في أحدهما إلى تغيير في الآخر (انظر الباب العاشر).

تحتوي المواد العضوية على الماء بشكل طبيعي داخل بنيانها، وبالتالي تكون حساسة بشكل طبيعي للتغيرات في درجة الحرارة والرطوبة للوسط الموجودة به.

إن الزيادة في الرطوبة تؤدي إلى تشرب المواد العضوية بشئ منها في بنيانها حتى تحافظ على حالة من الإتزان مع الوسط المحيط. في مرحلة أولى، يقيم الماء المتشرب وصلات ضعيفة مع جزيئات الأنسجة الماصة للماء (هيمي سليلوز، سليلوز، كولاجين...)، وهذا يؤدي إلى انتفاخ في البنيان علاوة على سريان ذلك الماء على هيئة ماء حر في تجاويف الخلية، مما يسمح

للألياف بالإنزلاق الواحدة فوق الأخرى. هذه الظاهرة تترجم عن طريق اكتساب زيادة في المرونة.

الماء الموجود في التربة، كمثل الماء في البحيرات أو البحر لا يكون نقياً. فهو يحتوي بالفعل على مختلف الأملاح المذابة ويكون حاملاً لكل أنواع الجزيئات. وتنتشر هذه الأجسام مع الماء في تجاويف المواد (Keepax, 1975). وفي حالة أي تغير في الوسط المحيط بالقطعة، فإن هذه الأجسام يمكن لها أن تلعب دور عامل التدهور الفيزيائي. فأثناء التجفيف مثلاً، وعند رحيل الماء تتبلور الأملاح المذابة ولكنها تبقى مسترطبة؛ وعند أي إمداد جديد بالرطوبة فإن هذا يهيئ انتفاخها مما يؤدي إلى إجهادات على جدران بناء الخلية.

تكون هذه الأملاح مصدرا للمشاكل، خصوصا أثناء معالجات الحفظ التي تغير من نتائجها حسب مقدار تفاعلها مع المواد المستخدمة. ومن ناحية أخرى فقد يسنح لها التصرف بطريقة فعالة جداً في بعض التدهورات الكيميائية للمادة العضوية. وهذا يكون حال أملاح الحديد الفلزية التي تُأكسد السلاسل السليلوزية للنباتات أوالسلاسل الببتيدية للمواد الحيوانية (سلسلة مكونة من عدد محدود من الأحماض الأمينية) (الحرير، الجلد...).

عندما يحدث إنخفاض لدرجة رطوبة الوسط، التي غالباً ما تكون مرتبطة بارتفاع في درجة الحرارة، فإن الماء الحر المُحتوى داخل المادة العضوية يتبخر. فينتج عن ذلك جفاف القطعة ويترجم هذا بتقارب الألياف مع بعضها البعض سواء الحيوانية أو النباتية منها. هذه الظاهرة تتصف بفقدان مرونة الأنسجة، ويصبح الجلد وكذلك الخشب جافين بشكل غير طبيعي وقابلين للكسر وعرضة للتشققات تحت تأثير التدخلات الميكانيكية الخارجية، لدرجة أنه في حالة الخشب قد تظهر شقوق ناتجة عن تمزق الروابط بين الأنسجة.

تنتج الشقوق في قلب الأخشاب وكذلك بالمثل في العظم والعاج، وتنتج في إتجاهات تفضيلية مختلفة، مما يؤدي إلى خواص متباينة لهذه المواد التي تُظهر أبنيتها غير المتجانسة خصائص متغيرة للمقاومة الميكانيكية.

تظهر الشقوق في الخشب، بشكل تفضيلي بطول الأشعة rayons وهذا يكون نتيجة لتراجع مماسي كبير. أما في العاج فتظهر التشققات في مستوى

المناطق الغنية بالعاجين التي بالتالي تكون ضعيفة التمعدن. تتشقق العظام طولياً تبعاً لمحاور تكوين النسيج العظمي. أما الجلد فلا يكون له هذه الخصائص المتباينة، غير أنه يُظهر اختلاف في كثافة النسيج به ما بين ناحية اللحم وناحية الشعر: يكون هذا الجانب الأخير أكثر رقة ومشدوداً، تتشكل الجلود بإلتوائها من ناحية الشعر إلى الداخل.

الزيادة الطارئة لدرجة الحرارة (حريق، فرن...) تؤدي إلى تنشيف زائد للمواد يكون غالباً سريع ومتجانس؛ يكون التراجع منتظم ولا يُخلف وراءه إلا هيكل متفحم لنسيج الخلية، يكون في بعض الأحيان مفهوم ومعروف كما في حالة الفحم الخشبي.

عندما تنخفض درجة الحرارة تحت درجة تجمد الماء (للماء النقي عند درجة صفر سلسيوز)، يتجمد الماء المُحتَوى داخل بناء المادة ويتحول إلى ثلج. حتى وإن كانت هذه الحالة الخاصة تمنع أي هجوم بيولوجي وكيميائي فإنها لا تكون أقل خطراً على القطع. في الواقع، فإن تحول الماء للحالة الصلبة على هيئة ثلج يصاحبه زيادة في الحجم. ولا يتوانى الدفع الناتج عن هذه الزيادة في الحجم عن الإضرار الفيزيائي لبناء الخلية في النباتات والعظام.

التدهور الكيميائي

بما أن المواد العضوية تتكون من جزيئات عضوية تحتوي على ذرات كربون وهيدروجين وأكسوجين وفي بعض الأحوال نيتروجين وكبريت، فإنها تكون قابلة للتعرض لكل التحولات المرتبطة بالكيمياء العضوية. من ضمن هذه التفاعلات، سنهتم بالتفاعلات الوارد حدوثها أثناء فترة دفن القطعة. في أوساط الدفن التي غالباً ما تكون معقدة كما هوالحال في التربة، فإنه يجب إظهار فعل الشكلين الرئيسيين للتفاعلات الكيمائية الحاصلة. بادئ ذي بدء بالنسبة للتفاعل حامض– قاعدة: فإن وسط الدفن الأرضي أو المائي نادراً ما يكون متعادلاً. تشترك السوائل الداخلة في تكوين الوسط في هذا النوع من التفاعلات في صورة حامض أو قاعدة على حسب نوع التربة. من ناحية أخرى، فإن التربة والبحر

يحتويان على أحماض معدنية تقوم بدور عامل مُحفذ catalyseur من أجل إرساء تفاعلات الأكسدة للمواد العضوية (Marian, Wissing, 1960).

بغض النظر عن التفاعلات الداخلة في الاعتبار: أكسدة، تميؤ حامضي أو قلوي، فإن تأثيرهم على الجزيئات العضوية يكون في صورة انفصال في قلب السلسلة الجزيئية. وهذا يخفض بالتالي درجة البلمرة للجزئ الضخم macromolécule، ويغير من خصائصه الميكانيكية (Mills, White, 1987). تعمل هذه التفاعلات على تدهور المواد خاصةً في المناطق الحساسة من بنائها، و هذا يعني حدوثها في مستوى المناطق غير المتبلورة، في السليلوز أو الكولاجين، أوفي المواقع الضعيفة الإرتباط مثل كباري الهيدروجين في البناء الحلزوني للبروتينات.

هذه المناطق هي مناطق ضعيفة بطبيعتها، غير أنه يمكن أن تخلق مناطق ضعف أخرى على هوى أشكال التغييرات المصاحبة الأخرى، التي يمكن أن تكون ذات طبيعة فيزيائية (تفتل défibrillation في مستوى الكسر) أو بيولوجية (مهاجمة كائنات مِكروية للبناء).

أغلب التفاعلات الكيميائية تتطلب وجود أكسوجين. الوسط اللاهوائي بشكل تام، ونعني بهذا ذلك المحروم من الأكسوجين، يبطئ بشكل كبير أو يمنع تلك التفاعلات الكيميائية.

التدهور البيولوجي

التدهور البيولوجي يكون من فعل كائنات organismes أو كائنات مِكروية micro-organismes حية. الخسائر الناتجة عن كائن ما تصنف على نسقين، فيزيائي وكيميائي.

تجد الكائنات العليا وبالأخص الحشرات على المواد العضوية طبقة ترسيب أو دعامة substrat مثالية لعمل العش والتغذية. وتعمل إذاً على خلق خسائر فيزيائية عن طريق ثقب دهاليز في الخشب أو في الجلد لتتمكن من وضع بيضها. تجد إذاً اليرقات طعامها الذي يُمكنها من تأمين نموها، على نفس

الدعامة. ولكي تتغذى فإنها تُفرز مواد كيميائية تعمل على تدهور الجزيئات العضوية لتتمكن من هضمها.

أغلب تلك الكائنات الرِمّية (ما يعيش على العضويات البالية) saprophytes لا تستطيع أن تنمو إلا في الهواء الطلق أو في تربة مهواة وقليلة العمق بحيث تكون درجة الحرارة فيها معتدلة. وعلى ذلك فإن تأثيرها يكون أساساً خلال فترة استعمال القطعة أو بعد وقت قصير من تركها. في حالة الدفن في تابوت، فإن هذه الكائنات يمكن أن يكون لها فرصة في حياة أطول قليلاً بفضل مخزون الأكسوجين المتواجد، ولكن مع نفاذ هذا المخزون وظهور ظروف قريبة من الحالة اللاهوائية فإن تأثيرها على أية حال يتباطأ بشكل كبير.

تتعرض القطع المغمورة لهجوم مشابه من قبل كائنات عليا متكيفة مع الأوساط المائية. الغمر في الرمال أو الطين يشكل أيضاً طريقة لحماية القطعة حيث إنها تكون محصورة في ظروف محدودة الأكسوجين (ففي المياه الحرة للجداول والأنهار والبحيرات أو البحار يكون الأكسوجين متواجد ومذاب في المحلول بنسب كافية لكثير من الفصائل). إلى جانب أن حفر الدهاليز يعطي الفرصة لفقد واضح في المادة، فهو يسبب أيضاً ضعف ميكانيكي لمجموعة الأبنية.

تغييرات أخرى ذات نسق ميكانيكي يمكن أن تتسبب فيها النباتات العليا التي تستمد جزورها، الموجودة بالقرب من مواد عضوية، لمخزونها من المياه والكربون والنيتروجين؛ وتعتبر هذه المصادر الغذائية شديدة الغنى بفعل عمليات التحلل البيولوجي القائمة بها.

الكائنات المِكروية (المتناهية الصغر) تشمل الفطريات التي يطلق عليها بشكل دارج العفن والبكتريا. ومن ضمن أنواع العفن، فإننا نفرق بين العفن الأبيض والأحمر والمكعب، إلخ... وذلك بدلالة عناصر الخلية التي يقع عليها الهجوم من قبل العفن والنواتج الناجمة عن تدهورها. إن عدد البكتريا وتعدد أنواعها هوشئ فائق، فكل نوع من أنواع الأنسجة التي نلاقيها تكون هدف أساسي لهجوم مجموعة متخصصة منها. تكون البكتريا إذاً مما يستوجب الخشية دائماً منه، لأنها تكون قادرة على إحداث تدهور لأي نوع من طبقات الترسيب وفي شبه كل الظروف المناخية المحتملة. زائد على

ذلك، أن فعلهم الذي يختزل المواد لعناصر أبسط وأسهل في الإمتصاص يعطي غالباً الفرصة لإصابة جديدة من كائنات أخرى، عندما تسمح بذلك ظروف الحرارة والرطوبة ورقم الـ pH والأكسوجين.

يكون مصدر مستعمرات العفن أو البكتريا متعدد لأن البوغ (جسم صغير في اللازهريات) spore أو الجراثيم البكتيرية تكون موجوده بشكل دائم في الهواء والماء وبالأحرى في التربة ذات النشاط البيولوجي المتعدد، وتتمركز فيها بالأخص قرب السطح. يكون المناخ الأكثر ملاءمة لنمو أكبر عدد من الكائنات المِكروية هو بالتأكيد الوسط الجوي الرطب والحار. تكون الرطوبة هي العامل المؤثر لأن بعض الأنواع يمكن أن تنمو في ظروف حرارة قصوى من ٨ + درجات سلسيوز إلى ٤٠ + درجة سلسيوز. كذلك فإنه

تبعا للأنواع فإن المسموح به بالنسبة لرقم الـ pH لأوساط الدفن يكون في نطاق واسع جداً (من أول رقم الـ pH الحامضي مساوي لـ ٣/٤ إلى رقم الـ pH القاعدي المساوي ٩)، وأخيراً، فإنه إذا كانت ظروف التهوية الجيدة تهيئ لنمو أنوع أكثر من الكائنات المِكروية، فلا يخفى علينا أن بعض البكتريا يمكن لها أن تتكاثر في ظروف لاهوائية تامة.

تجد الكائنات المِكروية على طبقة الترسيب العضوية في قلب نسيج الخلية عناصر C، H، O، N ، التي لا غنى عنها لنموها. وحتى تتغذى، فإنها تُحلل الجزيئات العضوية الضخمة macromolécules بالحلمأة (التحليل المائي الإنزيمي) hydrolyse enzymatique. لا تكون كل الكائنات المِكروية مجهزة بالإنزيمات اللازمة للتدهور الأولي للأنسجة، وفي هذه الحالة فإنه لا يمكن لهم أن ينمو إلا في وجود الأنواع التي لها المقدرة على القيام بهذا التدهور البيولوجي الأولي. ويتضح إذاً أن وجود أنواع مختلفة مكملة لبعضها البعض على طبقة ترسيب هو أمر وارد جداً.

في أثناء التفاعل الحيوي لهذه الكائنات المِكروية، فإنها تُخرج مواد حامضية تشارك في الإسراع في تدهور الأنسجة الخلوية.

لا تُظهر القطع التي تستعمرها هذه الكائنات المِكروية على المقياس العياني أية آثار واضحة كالتي تتركها الكائنات الأعلى. غير أنه بتعرض

القطعة للمهاجمة في بناءها العميق، على مستوى تنظيم النسيج فيها، فإن ذلك يفقدها بالتالي أية مقاومة ميكانيكية. أما على القطع الرطبة، فإننا نتبين وجود البكتريا عن طريق السطح الرغوي، في حين نتبين العفن عن طريق شرائح دقيقة رمادية أو بيضاء. عندما يتقدم التحلل يفقد سطح الجسم أي تماسك له ليأخذ شكل ترابي ويتآكل تدريجياً.

إذا كانت الأمتعة الأثرية mobilier archéologique متضمنة آثار لمهاجمة الحشرات لها، فإنه عامةً ما تكون قد تعرضت لذلك قبل دفن القطعة أو في وقت الدفن نفسه. سيعتمد بقاء القطعة أثناء فترة الدفن من ناحية على خصائص الوسط المحيط، الذي قد يكون ملائما لحد ما للتفاعلات الكيميائية ولنمو الكائنات المِكروية، ومن ناحية أخرى على طبيعة طبقة الترسيب.

معالجات الحفظ

المواد العضوية تكون دائماً آيلة للتلاشي مع تقدم العمليات البيوكيميائية للتحلل، غير أن بعض الظروف الاستثنائية للدفن تتيح تباطؤ هذه العمليات أو حتى وقفها. ولكن بشكل عام، فإن القطع التي تصل إلينا تكون محظوظة. تخل عمليات التنقيب بالتوازن الذي تتواجد فيه القطعة وبالأخص عن طريق إدخال الأكسوجين، وأيضاً بإحداث تغييرات في درجة الحرارة والرطوبة. يستتبع تلك التغيرات، كون عدد كبير من التفاعلات البيولوجية والكيميائية «تعاود البدء».

يكون هدف معالجات الحفظ الحد من هذه العوامل وإعادة القطعة لظروف التوازن مع الوسط الجوي الجديد ورد جزء من خواصها الميكانيكية المفقودة، وذلك بمراعاة طبيعة وشكل نسيج المادة الأصلية لأقصى حد.

هذا المفهوم للحالة الأصلية état originel للمواد يكون صعب التعريف. فهو لا يعني أصل المواد بالمعنى الحرفي أي قبل التدخل الصناعي، وكذلك لا يشير للقطعة عندما صُنيعت كقطعة جديدة قبل أن تتعرض لأية تغييرات ناتجة عن استعمالها: يأخذ هذا المفهوم في الاعتبار تاريخ القطعة مع كل ترميم فيها أو إعادة استخدام لها. في إطار الحفظ الأثري، تكون بالطبع تلك الحالة الأخيرة للقطعة هي التي من المهم العثور والمحافظة عليها. ولكن بعد التدهورات المتعددة التي تم التعرض لها على مر فترة الدفن، فإنه يكون أحياناً من المستحيل تحديد بالضبط حدود الحالة الأصلية للقطعة. في هذه الحالة، فإن هدف الحفظ الأثري سيكون الأحتفاظ بالكشف في إكتماله الحالي. يكون هذا شائع الحدوث جداً، فعمليات التدهور تحول التكوينات بطريقة لا رجوعية.

إن حفظ المواد العضوية لا يكون فقط تمرين معملي. فإنه في ساحة الحفائر، وفي الوقت الذي تتعرض فيه القطع لإختلال التوازن الخاص بها،

العظم

مصطلح عظم هو مصطلح مُبهم، فهوكما يشير إلى فقرة عظمية لها صفة تشريحية فإنه يعني أيضاً المادة الكيميائية التي تكونه. وهو يشمل كذلك «المواد الصلبة الحيوانية» ذات النسيج العظمي ويعني هذا ذات التركيب الكيميائي الواحد: مثل العظم والأسنان – التي منها العاج – وأخشاب قرون الآيائل، لأن مكوناتها المعدنية (هيدروكسيباتيت hydroxyapatite) والعضوية (كولاجين collagène) تكون متطابقة (صورة ٣)، أما نسبها فتختلف الواحدة عن الأخرى.

ومع العظم فإننا نتناول واحدة من أكثر المواد تواجداً في الحفريات الأثرية، في حالة ما إذا كانت الرسوبيات قادرة على حفظه (Binford, 1981). يكون العظم موجوداً على هيئة بقايا مواد حيوانية، وبقايا بشرية، وبما أن مشاكل الحفظ المتعلقة بالعظم ترتبط غالباً بمجموعات ذات كميات وأحجام كبيرة، فإن الأمر يستتبع معه استخدام أساليب مختلفة عن التي نستخدمها للقطع المتفرقة.

خاصية أخرى للعظم وهي تنوع الأشكال (عظم طويل، عظم منبسط) والمقاسات (خاص بالماموث أو الكائنات الحيوانية المِكروية)، وبالذات اختلاف البناء (عظم إسفنجي، عظم متماسك). يمكن أن نضيف على ذلك مختلف التجهيزات التي أدخلها الإنسان عليه والتي تمنحه خواصاً جديدة (عظم مصقول، مُسخن، محروق، منقوش عليه، مُخضب بلون المغرة (أوكر)، مُستعدل).

كل تلك المتغيرات، بدون نسيان تلك المتعلقة بعمر أو نوع الشخص، تتضافر مع عدد لا نهائي من شروط ومدد الدفن المحتملة، ويكون عددها بعدد مواقع الحفريات الموجودة.

فلا .توجد قطعتان من العظم من نفس الموقع أو بالأحرى من موقعين مختلفين يمكن أن تكونا متطابقتان بشكل تام وفي نفس حالة الحفظ. فالعظم هو حالة مثالية لإستعراض المشاكل التي تفرضها عادةً المادة الأثرية: فنحن نكون أمام «أكوام» من الحالات الخاصة.

التركيب الإجمالي للعظم الجاف (غير الأثري) تكون عبارة عن ٣٠٪ من المواد العضوية و٧٠٪ من المواد المعدنية. يتكون الجزء العضوي من بنية شبكية من الكولاجين البروتيني. ويتكون الجزء المعدنى من أملاح الفسفوكالسيك phosphocalciques في صورة بلورات مِكروية موزعة على بنية شبكية من الكولاجين التي تحدد إتجاهها (Lapierre, 1976)، ويتعلق الأمر أساساً بالكسيباتيت المائي (هيدروكسيباتيت) hydroxyapatite $[3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2]$. ظواهر التغيير في التربة تصيب هذان العنصران بنسب متفاوتة بشكل متزامن أو متتابع. عند الكشف عن الآثار فإن العظم الذي

ذاب المكون المعدني به يكون مسامياً وهشاً، وذلك العظم هو الذي عادةً ما يتم تدعيمه. أما العظم الذي لم يختفِ المكون العضوي به تماماً فإنه غالباً ما يبدو في حالة جيدة، ولكنه يكون معرضاً أيضاً للتشقق بشكل أكبر عند التجفيف.

الكشف والرفع

من الممكن تطبيق تقنيات الرفع في مدرة على المواد العظمية، والرفع باستخدم طلية (من الجبس أو البولي يورتان) والذي سبق وصفهما. بالنسبة للقطع الهشة جداً، يمكن أن نُشرك مع تلك الطرق التدعيم بتشرب راتنج تخليقي أو نستخدم هذه الطريقة الأخيرة وحدها قبل رفع القطعة المدعمة بالطريقة العادية. سنستعمل البارالويد paraloïd B72 وهو راتنج مشترك أكريليكي copolymère acrylique الذي يبدو أن سلوكه، المدروس بشكل جيد، يكون مرضياً مع مرور الزمن. يتم مسبقا تحضير محلول ضعيف التركيز (٥٪ وزن للحجم جرام/لتر، ويعني هذا ٥٠ جرام من الراتنج مذاب في الأسيتون للحصول على لتر من المحلول)، وتدون البطاقات بشكل واضح، وتخزن في دولاب لحفظ المذيبات أو في مكان رطب وجيد التهوية. عند ذلك التركيز، فإن المحلول يجب أن يبدو في مثل سيولة المذيب النقي.في

الحقل الأثري، يكون في متناول أيدينا كميات صغيرة منه موجودة فى ماصة أو مرذاذ (بخاخة) أو في زجاجات صغيرة مغلقة ومدون عليها ما بها (يجب تجنب الأوعية التي غالباً ما تكون مفتوحة حتى لا يرتفع التركيز مع ذهاب المذيب تدريجياً). يتم تطبيق ذلك المحلول شيئاً فشيئاً، عن طريق حَقنه بسرنجة، أو طليه بالفرشاة أو تذريته، ولا يجب أبداً سكبه على القطعة. يتم استبعاد الرسوبيات بقدر الإمكان على مدار تلك العملية (بالفرشاة أوبعود خشب صغير) مستفدين من التطرية التي أوجدها المذيب.

باستخدام تركيز أعلى من ذلك (من ١٠ إل ١٥٪ بالوزن للحجم)، نحصل على تأثير لتصلب ظاهري ويتكون غشاء من الراتنج على القطعة، ولا يكون هناك تشرب جيد. حتى نتجنب أن يعيق التبخر السريع للمذيب

من نفاذ الراتنج أو يعيد جزءاً كبيراً من الراتنج الذي يحمله إلى السطح، فإننا نبطئ من خروج ذلك المذيب بوضع القطعة تحت ناقوس صغير، يتم عمله من رقائق من الألومنيوم مثلاً (ولكن لا يجب أن يلامس السطح أى شئ حتى الجفاف التام للمدعم) وباعتبار نفس الأسباب، فإنه من الأفضل أن نعمل في الظل وفي ساعات النهار الأقل في درجة الحرارة. يجب أيضاً أن ننتظر حتى التصلب التام للمدعم قبل أن نرفع العظم المتشرب.

لا تُستعمل تلك الطريقة على العظم الرطب، لأن البارالويد لا يتواءم مع الماء. يمكن لنا إذاً إستخدام الراتنجات الأكريليكية المشتتة في الماء (بريمال Primal). البريمال WS24 هو عبارة عن تشتت غروي لجزيئات صغيرة جداً ، يوصى به بشكل خاص للمواد العظمية (Koob, 1984).

قد قمنا مسبقاً باستعراض العيوب العامة للتشتت المائى. غير أننا يجب ألا ننسى العمل على إزالة المخاطر المرتبطة بالتعامل وبالتخزين للمذيبات القابلة للإشتعال والسامة فى حقل الحفريات.

التنظيف

عند التنظيف يجب عدم ترطيب العظم الجاف على قدر الإمكان. سنستخدم أدوات مثل فرشاة الدعك الطرية وفرشاة الدهان أوالمنفاخ على شكل الكمثري الصغيرة المستخدم في تنظيف آلات التصوير، أوأعواد من الخشب الطرى لزعزعة الرسوبيات الصلبة الصغيرة وذرات الرمل، ولب الموضوع هنا هو تكييف صلابة الأداة المستخدمة مع صلابة العظم والسهر دائماً على عدم القيام ببريه أو حزه.

سطح العظم قد يحمل علامات ذات مغزى (من التقطيع، من أعمال الجزارة، إلخ...)، أو بقايا صباغة (عاج متعدد الألوان، عظم أمغر (أوكر))، أو أعمال تهذيبية أو بري (صقل) وتلك العلامات لا تظهر إلا بتفحص دقيق وقد يؤدى التنظيف إلى إخفائها أو طمسها.

في حقل الحفريات، يكون غالباً من الأفضل الاقتصار على دعك الرسوبيات ضعيفة الالتصاق بفرشاة طرية. يمكن غسل العظم الرطب سريعاً بعد اقتطاعه،

التجفيف والتعليم

العاج الذي وجد رطباً يجب أن يُحفظ وهو رطب، ويتم وضعه في داخل ثلاثة أكياس من البولي إيثيلين الملحومة أو في داخل كيس مزدوج له إقفال مدمج، يكون الكيس الثاني منه محتوي على مخزون من الرطوبة على شكل قطنة مُشربة بالماء (صورة ١).

تُبدي الأسنان التي تحوى في بنائها على أنسجة ذات مرونة وسلوك متغير حيال التجفيف (عاجين ومينا cément) هشاشة عند التيبس، سنتبع نفس الطرق المتبعة للعاج، إلا إذا كان قد تم تدعيمها مسبقاً.

القطع التي تكون في «حالة جيدة» والتي عُملت من عظم مدمج، عالي الكثافة وسميك تتفاعل عند الجفاف بشكل أعنف من العظم الذي يكون مسامياً ومذاباً جزئياً. وبنفس الطريقة فإن العظام الطويلة التي تكون المنطقة القشرية بها سميكة تتشقق أكثر من العظام المسطحة التي تكون المناطق القشرية بها رقيقة ومفصولة عن بعضها بعظم إسفنجي. إن مخاطر تكون الشقوق وعمقها تكون غير متحسبة (صورة ٤)، ويكون إذاً من الأفضل بالنسبة للعظم المُشكل الذي وُجد في حالة رطبة أن نحتفظ به على نفس الحالة الرطبة.

يمكن أيضاً تعريض العظم الرطب إلى تجفيف تدريجي، يتم داخل أكياس من البولي إيثيلين المحتوي على ثقوب. تعتمد سرعة التجفيف على رطوبة الهواء المحيط. في وجود هواء شديد الجفاف، فإنه يتم ثقب الأكياس بشكل أقل وتُراقب بشكل يومى.

بشكل عام، فإننا نحافظ على العظم بعيداً عن أي تجفيف حاد (شمس، مدفأة، هواء محيط شديد الجفاف أو تسخين موضعي: مصابيح، إلخ...).

يتم تعليم العظم بعد أن نضع عليه فيلم (غشاء) من البارالويد المركز وبذلك نتجنب نفاذ الحبر إلى داخل العظم.

يمكن لصق القطع المكونة من عظم متكسر بواسطة لاصق «أوهو Uhu»، نستعمل عادةً أوعية تحتوى على الرمل لوضع القطع بشكل قائم عند اللصق.

النسيج

لا يخفى علينا مدى اهتمام الآثاريون بكل ما هو معقود ومضفر ومنسوج بواسطة الإنسان. سنتمكن من القيام بالرفع بشكل أفضل عن طريق القيام بمشروع للدراسة المسهبة لتلك المستندات لمعرفة: مصدر الألياف وطبيعة معالجاتها وأسلوب النسج، وطبيعة الصبغات، وتراص طبقات النسيج، إلخ... قد بينت دراسات حديثة مدى الاستفادة التي يمكن أن نحصل عليها من تلك الخطوة (Masurel, 1987; Hundt, 1987).

الآثار من ذلك النوع لا تكون نادرة الوجود. ونحن نقابلها في التربة التي لها قدرة على حفظ المواد العضوية (مثلاً حفرة دفن أو أماكن تخزين النفايات)، قد تكون تلك التربة متشربة بالماء أو في صورة متمعدنة أو غير مسترطبة (الباب الرابع). يعد اكتشاف قطع ذات مقاسات كبيرة أو

مجموعات كاملة، من الأشياء غير المعتادة وعند حدوث ذلك فالأمر يستحق منا في جميع الحالات أن نعهد بتلك القطع لمتخصص (وفي الحالة المُثلى، يكون المتخصص هو نفسه القائم بعمل الدراسة).

عناصر النسيج تبدو دائماً على دعامة من الخشب (تابوت)، أو من العظم (هيكل عظمي)، أو من المعدن (أواني جنائزية، خزانة). وعلى أية حال فإن تلك الإطارات الأصلية بما فيها التربة، تكون هي أفضل سناد ممكن للنسيج الذي يكون بطبيعة الحال ضعيف التماسك، وهش وقابل للكسر. إن فترة التنقيب هي الوقت الملائم لملاحظة ووصف تلك الآثار التي غالباً ما تكون أسهل في الاستقراء قبل تعرضها للاضطرابات التي لا مفر من حدوثها عند الرفع ، والنقل وإجراء التعاملات، إلخ...

سنقوم بتنظيف القطعة، إذا سمح تماسك التربة بذلك، بواسطة فرشاة رسم رفيعة للتخلص من الرسوبيات ضعيفة الالتصاق وتحقيق أفضل تسجيل ممكن للقطعة وهى في ذات مكانها.

النسيج المشترك مع مواد أخرى يتم بالطبع رفعه في نفس وقت رفع تلك المواد ويوضع على لوح صلب بشكل كافي (غير قابل للتشكل). الرفع في حالة عدم وجود رسوبيات يتم عمله بالزلق بقوة، تحت النسيج وبالقرب منه، لشريحة رقيقة (قاطعة) وصلبة من البلاستيك أو المعدن. ولكن لا يجب التهوين من خطر قطع طبقات النسيج التحتية. وتلك الطريقة تكون بسيطة ومرضية. الطريقة التالية تكون معقدة، وهي خاصة بالمشتغلين ذوي الخبرة لأن غلطة واحدة في مرحلة من مراحل التشغيل تؤدى إلى تدمير مؤكد أكثر بكثير مما قد يكون مصاحباً للطرق البسيطة. يجب في جميع الحالات، التأكد من موافقة الأشخاص الموكل إليهم إجراء الدراسة والترميم على ذلك. والفكرة تتضمن نقل النسيج من سناده الأصلي (التربة) إلى سناد مستقر وصلب (شريحة زجاجية) عن طريق سناد وسيط من الشاش الملصوق فوق بعضه (شكل ٥).

نضع رابط من الشاش القطني على مجمل العينة المراد رفعها والتي يُظهر سطحها المنُظف بشكل تام كل ليفة به، نفرد على الشاش لاصق ڤينيلي قليل التركير في الهواء الطلق بواسطة فرشاة رسم. يجب أن يتشرب اللاصق تماماً في كامل السطح، ويتبع كل تضاريسه ويجب أن تكون كل ألياف النسيج الأثري في تلاصق سطحي معه (بدون جعل الألياف تتشرب به). يُجفف السطح المشبع باللاصق بشكل سريع ولكن تام بواسطة مُجفف الشعر (سشوار). يجب أن يتحول اللاصق الأبيض إلى نصف مُنفذ على كامل سمكه. عند تلك المرحلة، إذا لم تكن الدعامة رطبة بما فيه الكفاية، فإننا نرطبها حتى لا تلتصق التربة بالنسيج عندما نقوم بالنفاذ تحت الجزء المراد رفعه.

نقوم إذاً بنزع الشاش برقة، آخذاً معه النسيج الملتصق به. ونضع الجزء المرفوع في إناء من ناحية الشاش وبهذا يصبح ظهر النسيج واضح لنا. يتم تنظيف ظهر النسيج بفرشاة رسم أو بالماء على حسب حالته. يتم دهن

دهن ذلك السطح بلاصق كحول بولي ڤينيلي – رودوڤيول – Rhodovlol بتركيز ٦٪. ثم نضع شريحة من الزجاج على السطح الموضوع عليه اللاصق حديثاً.

يجد النسيج نفسه إذاً كما لو كان في شطيرة (ساندويتش) بين الشاش والزجاج. المرحلة الأخيرة تتضمن نزع الشاش واللاصق الڤينيلي، ويمكن أن يتم ذلك في حمام من الأسيتون (يكون الرودوڤيول قابل للذوبان في الماء، وليس الأسيتون). بعد تثبيت النسيج على لوح من الزجاج فإنه يكون قابلاً للدراسة على كلا وجهيه، وقابلاً للعرض والتخزين. بعد خروج النسيج من حمام الأسيتون، يتم إزالة الماء منه. ويكون من الواجب إذاً تخزينه في مكان جاف وبارد.

الجلد

الجلد هو مادة يصعب التعرف عليها في التربة: فهو يبدو ككتلة داكنة ليس لها شكل واضح.

بالنظر عن قرب، فإنه يتضح لنا الشعيرات الصغيرة، والألياف المتشابكة التي تبدو وكأنها منفلتة من كتلة مدمجة: وهي تمثل ألياف الجلد (الباب الخامس).

يحمل الجلد أحياناً آثار خياطة (بقايا خيوط)، وصبغة أو حتى نقش. يكون من الضروري تجنب أي تعاملات غير ضرورية حتى نحافظ على الأسطح والأشكال.

الجلود المحملة بالماء سيتم وضعها وتخزينها في أكياس من البولي إيثيلين المملؤة بالماء، وتكون مزدوجة حتى نضمن عدم النفاذية. تلك الأكياس يجب وضعها في غرف مظلمة وباردة أو في ثلاجة (براد) (وفي درجة من ٥ إلى ٦ درجة سلسيوز) حتى نتجنب نمو الكائنات المِكروية. سيتم حفظ الجلود الجافة وحدها في الحالة الجافة.