

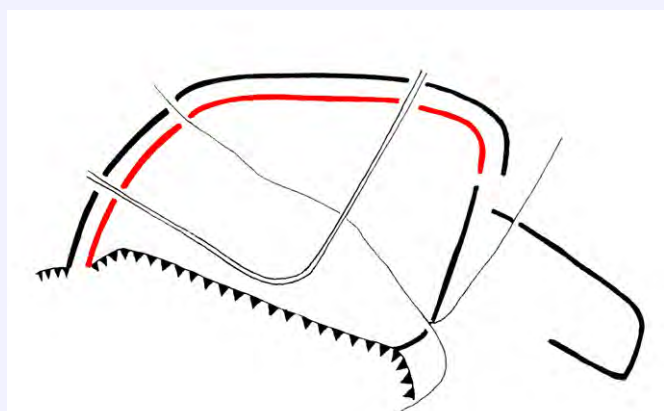
Les fours à chaux de la Cité d’Affrique

(habitat fortifié du V^e siècle av. J.-C., Messein, 54)

L’argile cuite des parois réutilisée dans l’architecture du rempart intérieur

Le rempart intérieur, long de 600 m, de la double fortification de la « Cité d’Affrique » (fouillée par nos soins de 1980 à 1988, voir Études Toulouses, n° 119) édiflée vers 500 av. J.-C., contient deux « noyaux calcinés » représentant une masse de chaux de près de 6000 m³ obtenue, selon nos observations de terrain et les analyses réalisées dans les laboratoires du CRPG-CNRS de Nancy-Vandoeuvre, « dans des fours à chaux avec chambre de chauffe dite à longue flamme n’ayant servi qu’une fois par emplacement »¹.

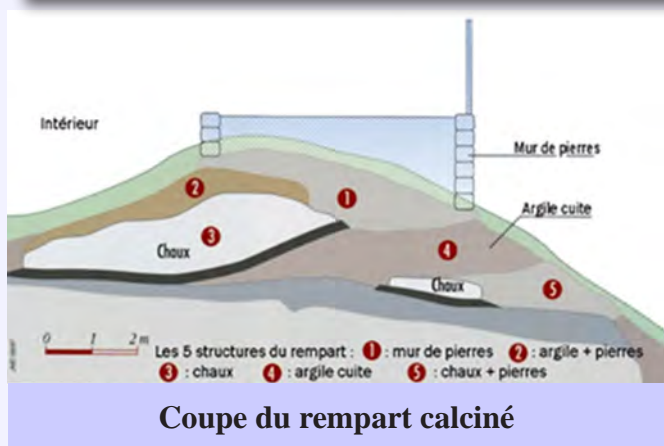
Nous avons proposé, en 1987, une restitution des structures et du fonctionnement de ces fours², tributaire de la documentation dont nous disposions à l’époque³, et qui nous paraît aujourd’hui en partie obsolète au regard des nouvelles découvertes de telles structures pour les époques du Haut Moyen Âge et des apports de l’ethnoarchéologie. Nous sommes actuellement en mesure d’avancer un nouveau procédé de fonctionnement des fours et d’affirmer que les matériaux récupérés après le démantèlement de leurs parois ont été utilisés pour construire près d’un quart du rempart.



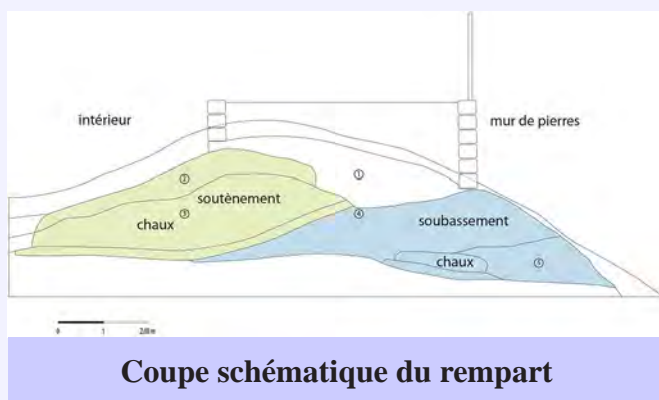
Plan de la Cité d’Affrique (rempart calciné en rouge)



Photo de la coupe du rempart



Coupe du rempart calciné



Coupe schématique du rempart

1 : Ploquin et alii, 1993, p. 190.

2 : Idem, p. 191.

3 : Flach, 1982, p. 20.

Forme et positionnement des « noyaux calcinés » : les choix des maîtres d'œuvre

L'architecture du rempart conçue par les maîtres d'œuvre de la Cité d'Afrique (voir Études Toulouses n°119) apparaît clairement réalisée en trois parties sensiblement de même volume : le mur de pierre à parois verticales 1 repose sur un soubassement 4 et 5 et un soutènement 2 et 3. La stabilité du mur de pierre, pièce maîtresse de l'édifice, dépend donc de la solidité des deux autres parties qui le soutiennent et le calent. Le soubassement est constitué majoritairement de la structure 4, masse d'argile cuite dont l'origine n'avait pas été élucidée lors de la fouille. Il a été renforcé par un « noyau calciné » (chronologiquement, c'est le point de départ de la construction) large de 2 m et épais de 0,50 m, constituant une bande d'ancrage au niveau du sol. Quant au soutènement, il est presque entièrement constitué d'un énorme « noyau calciné » large de 7,30 m, épais de 0,60 à 1,90 m, en forme de dôme. Véritable béton (voir l'échantillon exposé dans la vitrine « Cité d'Afrique » au musée d'Art et d'Histoire du Toulousain), il fixe le rempart au sol en place à l'ouest et bloque le mur de pierre. La forme et l'emplacement de chaque « noyau calciné » répondent ainsi au rôle qui leur a été dévolu par les maîtres d'œuvre.

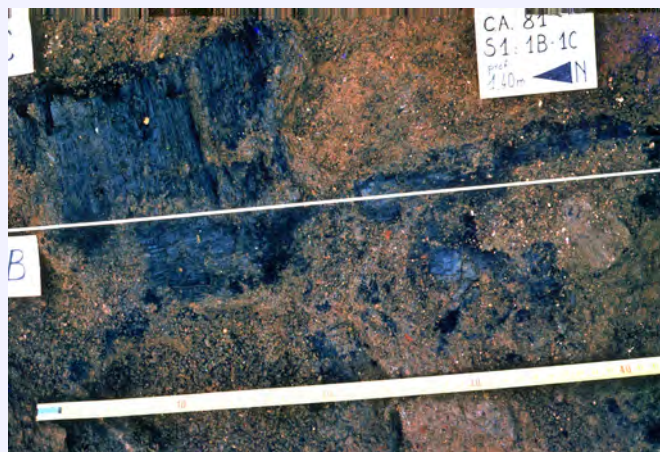
Les fours à chaux de la Cité d'Afrique

Pour obtenir la chaux, les chauxourniers de la Cité ont chauffé, à plus de 1000 degrés, un mélange de calcaire concassé, d'argile et de galets dans des fours constitués de deux parties : une partie inférieure, chambre de combustion (ou foyer), et une partie supérieure ou chambre de chauffe. Généralement, lors des fouilles de fours à chaux, les structures des deux chambres sont largement conservées et la chaux est résiduelle. À la Cité d'Afrique, c'est l'inverse : la chaux est entièrement restée en place alors que les structures des fours ont été quasi détruites, seuls quelques indices étant encore observables.

La chambre de combustion

Comblée par l'affaissement volontaire du « noyau calciné », elle est matérialisée par un niveau de charbon de bois et d'argile cuite, observable partout sous la chaux. Sous le noyau principal, le foyer a donc une largeur de 7,30 m. Il repose en partie sur le sol naturel et s'appuie à l'est sur la structure d'argile cuite et de petites pierres 4. La hauteur estimée de cette chambre

est de 40 à 50 cm, ce qui correspond à l'épaisseur d'un quadrillage de poutres dont les vestiges ont été retrouvés calcinés sous le muret ouest. Ce quadrillage a servi à la construction d'un bâti de bois sur lequel a été disposée une voûte de pierres qui supportera la charge à cuire.



Quadrillage de poutres calcinées



Muret de pierre et de terre bloquant la chaux

Toutefois, au regard de sa largeur et de son profil, on peut envisager que la chambre de combustion ait été divisée en deux foyers juxtaposés. Deux voûtes contiguës, adaptées à la forme du noyau, ont délimité deux foyers mitoyens, alimentés chacun par une ouverture d'entrée du combustible. Ce procédé a été décrit par Caton vers 160 av. notre ère⁴ et était donc employé précédemment. La chambre de combustion était nécessairement fermée par des parois de pierres et/ou d'argile. Des pierres plates liées par de la chaux ou de l'argile cuite, retrouvées en position secondaire dans le glacis du rempart, proviennent vraisemblablement

4 : Caton, 1975.

de l'encadrement des bouches d'alimentation en combustible. Le démantèlement, sur 18 m, du muret-rampe d'accès qui fermait cette chambre à l'ouest, n'a pas permis d'y situer ces ouvertures, pas plus que de déterminer la profondeur d'une chambre. Cependant, il a permis d'établir que les maîtres d'œuvre avaient tracé la limite des fours, en la matérialisant par une ligne de troncs de chêne, d'un diamètre de 20 cm, mis bout à bout et partiellement enterrés.

Les parois du four : son isolation thermique

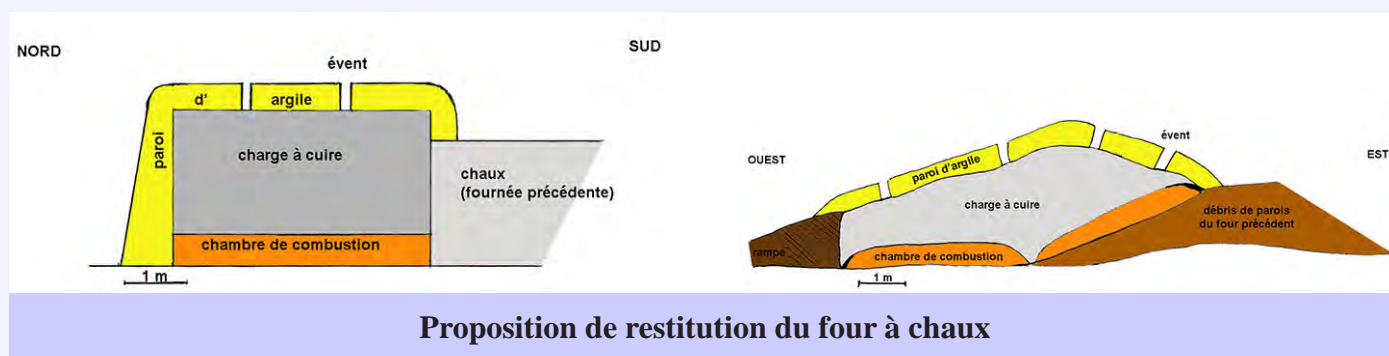
Apports de l'archéologie et de l'ethnoarchéologie

Lors de la restitution de 1987, nous avons exclu une couverture sur le dessus du four en nous basant sur la documentation disponible (« à l'inverse des fours de potiers, le four à chaux est entièrement ouvert par le haut ») et le fait que la structure 2 (fig. 2) n'ait pas chauffé. Mais ce procédé ne donnait pas la clé pour comprendre la masse d'argile cuite de la structure 4. D'autres techniques, pratiquées encore récemment par des chauffourniers artisanaux en Campanie ⁵, en Tunisie ⁶, dans les Pyrénées espagnoles ⁷ consistent à couvrir le haut du four d'un cône d'argile percé d'évents. Cette technique assure une cuisson des pierres plus homogène et écarte le risque de voir la fournée gâtée par un orage ⁸. Un procédé similaire a été utilisé au haut Moyen-Âge à Goux-lès-Dole (Jura) : le four est construit entièrement en matériaux meubles argileux, la masse de calcaire à cuire étant recouverte d'argile, comme la meule du charbonnier, de façon à assurer l'étanchéité de l'ensemble ⁹. Nous pensons que c'est ce procédé qui a été utilisé par les chauffourniers de la Cité d'Afrique. Nous constatons en outre qu'il permet d'établir l'origine de l'argile cuite de la structure 4.

Des parois de nature variée pour la chambre de chauffe

La charge de calcaire à cuire est disposée sur la voûte qui plafonne la chambre de combustion. Les pierres les plus grosses sont placées d'abord puis leur taille diminue progressivement en fonction de l'élévation. Les chauffourniers s'attachent à conserver entre les pierres des espaces qui permettent la circulation de l'air. Au final, la charge à cuire aura la forme voulue par les maîtres d'œuvre pour le « noyau calciné » : pendant la cuisson, le volume et la morphologie de la pierre ne changent pas. Pour assurer la stabilité de cette masse de pierres, il faut élever dans le même temps les parois de la chambre de chauffe qui assureront aussi son isolation thermique :

- À l'ouest, les terrassiers ont construit un muret de pierres pluri décimétriques qui maintient la masse à cuire. Formé d'un hérisson large de plus d'1 m qui a la hauteur du noyau calciné, il est prolongé et surmonté par une rampe en terre qui servira d'accès pour l'apport des matériaux.
- Au sud (dans une progression sud/nord de ce tronçon du rempart), c'est la fournée précédemment réalisée du noyau qui tient lieu de paroi.
- Au nord, il faut élever contre la charge à cuire une paroi d'argile mêlée à de petites pierres. Cette paroi pouvait comporter des pierres dans sa partie basse, pierres réutilisées dans la charge à cuire suivante.
- Le haut du four est recouvert d'une couche d'argile et de petites pierres qui enveloppera l'ensemble aussi côté est, de façon à assurer une isolation thermique maximale. Des évents, ouvertures permettant l'évacuation des gaz, sont pratiqués dans l'argile. Les pierres plates liées par la terre cuite ou la chaux, retrouvées dans le glacié, ont également pu faire partie de leur encadrement.



5 : Adam, 1984, p. 71, fig. 152.
6 : Valschalde 2012, fig. 12.
7 : Atelier Saint-André.

8 : Adam, 1984, p. 71.
9 : Mangin et alii, 1988, p. 277.

Démantèlement des parois d'argile du four et leur intégration dans l'architecture du rempart

Lors de la chauffe, la chambre de combustion est alimentée en fagots et charbonnette de chêne. Des amas de charbonnette calcinée, sous forme de fragments d'une dizaine de cm de long et de 2x2 de section, ont été retrouvés sous la chaux. Le feu est entretenu jour et nuit pendant plusieurs dizaines d'heures. À l'issue de cette opération, des températures de plus de 1000° ont été atteintes et la transformation du calcaire en chaux vive réalisée. Après refroidissement de l'ensemble, il faut maintenant démanteler progressivement les parois d'argile, cuites sous l'action de la chaleur, et mettre la chaux à nu pour permettre son hydratation. Cette opération permet de transformer la chaux vive en chaux éteinte qui est malléable. C'est à ce moment que, les pierres qui la constituent ayant partiellement été transformées, la voûte cède sous le poids de la charge

qui va descendre au niveau du sol. La chaux éteinte va progressivement « faire prise » et durcir au contact de l'air, transformant le « noyau calciné » en véritable béton.

Les matériaux issus du démantèlement des parois du four sont alors utilisés pour réaliser la structure 4 qui sert de soubassement au mur de pierre. En effet, cette structure est constituée de terre de couleur ocre rouge et ocre jaune et de petites pierres dont les diffractogrammes ont montré qu'elles ont subi des températures localement supérieures à 500 degrés. La chauffe n'a pas eu lieu « in situ » mais a été réalisée avant sa mise en place. C'est donc pendant la réalisation du « noyau calciné », dont elle constituait la couverture, que cette structure a subi ces températures élevées. Large de 8,5 m et épaisse au maximum de 1,2 m, la structure 4 a été renforcée de deux lits de poutres qui apparaissent par des différences de coloration dans les terres ocre rouge et ocre jaune.



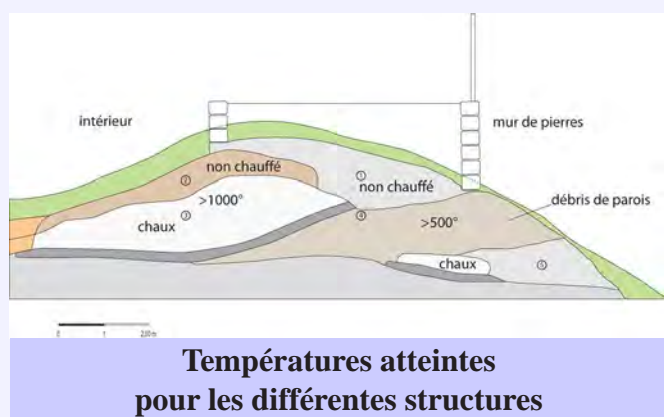
Noyau de chaux principal



Vue rapprochée de la structure 4

Proposition sur la progression de la construction des noyaux calcinés

L'élucidation de l'origine de la structure 4 était indispensable à la compréhension du fonctionnement des fours de la Cité d'Affrique¹⁰. L'observation des niveaux de températures atteintes démontre que la structure 2, qui n'a pas chauffé, ne pouvait pas avoir constitué la couverture de la charge à cuire lors du processus d'élaboration de la chaux. Cette couverture initiale, démantelée, formée de petits blocs d'argile cuite, de pierres et d'authentique chamotte, chauffée localement à plus de 500°, se retrouve au niveau inférieur, dans la structure 4. Les parois d'argile du four sont passées du soutènement au soubassement.



La situation de cette structure 4, partiellement sous la chaux, démontre que chaque fournée du « noyau calciné » a été construite sur les matériaux de démolition du four précédent. Le rempart a donc progressé de proche en proche, fournée après fournée. Si les parois ouest (rampe-muret) et sud (chaux) sont épaisses de plusieurs mètres, l'épaisseur de la couverture d'argile peut être approchée par la comparaison des surfaces à couvrir et du volume des débris. Pour une profondeur de four n'excédant probablement pas 4 m¹¹, la surface à couvrir est proche de 80 m² pour les deux noyaux¹². Le volume de débris de parois étant voisin de 32 m³ pour la même profondeur de la structure 4, on obtient une épaisseur moyenne des parois d'argile voisine de 0,40 m (32/80), sans doute davantage si la chambre de combustion était fermée par des pierres.

10 : « La structure 4 paraît en continuité avec les structures 5c et 3 par sa zonalité et ses indicateurs de cuisson » écrivait A. Ploquin sans pouvoir l'identifier. Ploquin et alii, 1993, p. 176.

11 : Les fours gallo-romains et mérovingiens excèdent rarement 4 m de diamètre.

12 : noyau principal : paroi section nord : 13 m², dessus et côté est :

Le volume de chaux généré par une fournée, environ 30 m³, nécessite 3 jours (72 h) de chauffe et 3 jours de refroidissement. Si on ajoute le temps nécessaire à la construction des chambres et à l'extinction, le « noyau calciné » a une progression de 15 m par mois environ. Si cette progression est linéaire, elle aura une durée de 4 ans, à condition que tous les matériaux (bois, pierres, argile, eau) soient prêts à être utilisés sur place. Cette durée pourra être réduite avec une progression par tronçons, les chaufourniers étant capables de rendre invisible le raccord de deux fournées¹³.

Le rempart de la Cité d'Affrique a résisté à l'épreuve du temps : aucune des structures qui le composent n'a bougé depuis 2 500 ans. Seul le parement vertical du mur s'est effondré, déstabilisé par la forêt qui a colonisé le site au cours des siècles.

Résidence princière et modification du paysage

L'interprétation des calcinations dans les remparts divise les archéologues depuis près de trois siècles. La plupart y voient le résultat de l'incendie d'une fortification armée de poutres. Plusieurs expériences ont été tentées pour le démontrer, en 1934 et 1937 par les archéologues britanniques Gordon Childe et Wallace Thorneycraft et plus récemment par Olivier Buchsenschutz et J.-B.-M. Ralston, mais elles sont loin d'avoir été concluantes. En revanche, Jules Beaupré, voit, en 1912, dans la chaux de la Cité d'Affrique, un « prodigieux travail de calcination » volontaire. Cette opinion était aussi celle du géologue G. Bleicher qui avait publié, en 1891, une analyse remarquable du matériau calciné, tout en s'interrogeant sur le procédé qui avait permis d'obtenir un tel résultat. En réalité, les calcinations observées sont parfois très différentes, selon les sites, en volume, en qualité, en continuité, en homogénéité. Il est donc peu vraisemblable qu'elles soient le résultat d'un même processus. À la Cité d'Affrique, et c'est une première, il est avéré que la chaux a été produite dans des fours qui n'ont fonctionné qu'une fois par emplacement, l'argile cuite des parois étant réutilisée dans la construction du rempart. Les fouilles réalisées sur les habitats de La Fourasse (Champigneulles) et de La Côte de Sion (Saxon-Sion)

45 m², raccords supérieurs : 4 m², petit noyau : dessus : 8 m², côtés : 8 m², section nord : 2 m².

13 : La mise en chantier de quatre tronçons de 150 m, partant simultanément l'un vers l'autre à partir de chaque extrémité et du milieu du rempart, réduirait la durée des travaux à un an.

montrent que la calcination de leurs remparts tient du même procédé ¹⁴. La construction de ces fortifications n'a pas été sans dommage pour l'environnement. À Messein, la production de près de 6 000 m³ de chaux a nécessité près de 10 000 m³ de bois (chêne et hêtre), soit une déforestation estimée à 35 hectares ¹⁵. Il a ensuite fallu abattre le bois nécessaire à la construction des habitations, continues sur au moins 1200 m, et des clôtures pour le bétail. À l'intérieur de l'enceinte, les principales activités artisanales concernent le travail du fer et du bronze pour la fabrication d'objets de parure, d'armes, d'outils et d'ustensiles (voir ces objets dans la vitrine « Cité d'Affrique » au musée Michel Hachet de Toul et Études Toulaises n°119). Ces activités, à rattacher aux arts du feu, sont grandes consommatrices de bois (il faut 50 kg de bois pour produire 1 kg de fer dans des bas fourneaux sans doute proches du site). Et surtout, le fonctionnement de la résidence princière a utilisé, entre environ 500 et 350 av. J.-C., énormément de bois sous forme de combustible pour le chauffage, la cuisson, les forges et les fours mais aussi pour l'approvisionnement de tous ces artisans : charrons,

charpentiers, menuisiers, vanniers, ébénistes, etc.... Les besoins en bois peuvent être estimés environ à 0,7 ha de forêt par habitant et par an ¹⁶. Pour une population de plusieurs centaines d'individus, la déforestation atteindra rapidement plusieurs milliers d'hectares, modifiant de façon conséquente l'environnement, entraînant l'érosion des sols sur les pentes et rendant indispensable la gestion de la ressource. Un phénomène comparable d'atteinte à l'environnement mais sans doute de plus grande ampleur, a été étudié dans le Saulnois par Laurent Olivier pour la seconde moitié du premier âge du Fer (environ 625/450 av. J.-C.). La production quasi industrielle de pains de sel par la méthode du briquetage, dans cette partie de la vallée de la Seille, a entraîné l'utilisation de quantités considérables de bois de chauffe, modifiant radicalement les paysages autour de Marsal.

Jean-Paul LAGADEC,
Patrick DUVAL, James EVEILLARD,
(Cercle d'Études Locales de LUDRES).

14 : Olivier, 2002, p.60.

15 : Malrain et Poux, 2011, p. 39.

16 : Idem

Bibliographie

Adam, J.-P., La construction romaine, matériaux et techniques, 1984, Picard.

Atelier Saint-André. « Petits métiers des Pyrénées espagnoles », Planète, Internet.

Caton, De Agricultura, 1975, Paris, Les Belles Lettres.

Falch, G.-L., Les fours à chaux de l'époque gallo-romaine, 1982, Revue archéologique Sites, N°12, pp. 18-21.

Malrain, F., M. Poux, (sous la direction de), Qui étaient les Gaulois ? 2011, Ed. La Martinière.

Mangin, M., A. Bruand, I. Hedley, Un four à chaux

du haut Moyen-Âge à Goux-lès Dole (Jura), 1982, Archéologie médiévale, 18, pp. 273-284.

Olivier, L., Princesses Celtes en Lorraine, 2002, Musée de l'Histoire du Fer, Jarville-la-Malgrange.

Ploquin, A., P. Duval, J. Eveillard, J.-P. Lagadec, M. Leroy, Les noyaux calcinés du rempart hallstattien de la Cité d'Affrique (Messein, 54) : données archéométriques et interprétation. 1993, Archaeologia Mosellana, 2, Actes du colloque AFEAF de Sarreguemines réunis par F. Boura, J. Metzler, A. Miron, pp. 175-199.

Valschalde, C., Les fours à chaux du midi méditerranéen de la France, 2012, Débates de archaeologia medieval, pp. 129-154.

 **Les Quatre Saisons**
F L E U R I S T E

2 rue des Anciens Combattants d'Afrique du Nord

54200 TOUL (face au Théâtre du Moulin)

www.fleuriste-toul.com Tél 03 83 64 58 73

