استعراض لعوامل التلوث والتنقية للمياه الجوفية

وعلاقة ذلك بتحديد جرم الآبار بمصر

يقصد بتلوث المياه من وجهة الأهمية الصحية وصول مواد برازية إليها . وقد تكون تلك المواد من مصدر حيوانى أو آدمى . ولكنه نظراً إلى أن الحيوانات لا تصاب بميكروبات الأمراض المعوية التى تصيب الإنسان ، كالتيفود والباراتيفود والدسنطاريا والإسهال والكوليرا وسواها ، فإن أخطر مصادر التلوث للمياه عامة هى المواد البرازية الإنسانية .

والمواد البرازية تلوث المياه لأنها تحتوى على مواد عضوية وعلى ميكروبات . أما المواد العضوية فلا تسبب عدوى ولكنها إذا وصلت إلى الماء قبل تأكسدها غيرت خواصه الطبيعية من رائحة وطعم ولون وشفافة . أما الميكروبات فإن المواد البرازية العادية تحتوى منها على عدة أنواع بالملايين ولكنها غير ضارة ، أى لا تسبب مرضاً . أما إذا اشتملت على فضلات إنسان مصاب أو حامل لجراثيم الأمراض السابق ذكرها فإنها تكون إذ ذاك شديدة الخطر .

(ملحوظة) من أمثلة الميكروبات البرازية غير الضارة باسيل القولون فالجرام الواحد من البراز يحتوى على ١٠٠ — ١٠٠٠ مليون من ذلك الباسيل الذى يسترشد البكتريولوجيون بعدده للحكم على نقاء المياه[1] . فلا تقبل وزارة الصحة من الآبار مثلا ما يوجد فى مياهه أكثر من ١٠ من ذلك الباسيل فى كل ١٠ سم ٣ . أو بتعبير آخر ما يظن أنه قد تلوث بأكثر من جزء من ١٠٠ — ١٠٠٠ مليون جزء من الجرام من المواد البرازية فى السنتيمتر الواحد من المياه .

ومع أن ذلك المعيار هو من الدقة بما رأينا ، فالواقع أن مياه الآبار العميقة فى

---

(١) مذكرة مرفوعة إلى حضرات أصحاب المعالى والسعادة والعزة الشيوخ المحترمين أعضاء اللجنة المشتركة لتعميم المياه النقية فى القرى المصرية بقلم معالى الدكتور عبد الواحد الوكيل باك وزير الصحة حالا وأستاذ علم الصحة والطب الوقائى بكلية الطب سابقاً والدكتور محمد خليل عبد الخالق وكيل وزارة الصحة حالا وأستاذ علم الطفيليات بكلية الطب سابقاً .

مصر وسواها توجد أفضل من ذلك كثيراً إذ غالباً ما توجد خالية تماماً من باسيل القولون فى كل ٥٠ — ١٠٠ سم . م . من الماء أو لا تحتوى على أكثر من واحد أو اثنين فى ذلك المقدار .

وتلوث المياه الجوفية التى تغذى الآبار قد يحدث من وجود المواد البرازية على سطح الأرض أو فى باطنها بشرط أن تكون سائلة فتتغلغل فى الطبقات .

على أن ذلك التغلغل متعلق بعوامل كبيرة الأهمية بعضها يقاومه فيمكن الانتفاع به فى وقاية الآبار والبعض الآخر يساعده نوعاً ما ، ولذا تجب الحيطة منه . وتلك العوامل هى ما يأتى :

أولا — عوامل التنقية البيولوجية والكيمائية فى الأرض .

ثانياً — عامل التنقية الميكانيكية أى الترشيح بواسطة طبقات الأرض .

ثالثاً — حركة المياه الجوفية ومستواها الطبيعيين وغير الطبيعيين لدى سحب المياه من الآبار .

١ — **عوامل التنقية البيولوجية والكيمائية فى الأرض** : تعتبر الأرض ما بين سطحها ومستوى الطبقة المائية فيها بصفة كائن بيولوجى حى عظيم النشاط . وذلك لسببين (أولهما) أن الخمسة الأقدام العليا منها تحتوى على ملايين من طوائف عديدة من الميكروبات العادية التى تعيش فى الطبيعة وتتغذى وتتوالد على المواد العضوية المختلفة التى تصل إليها من حيوانية أو نباتية أو آدمية ولها أثر هام فى خصوبة الأرض . و (ثانياً) لأن مسام الأرض فوق الطبقة المائية أيضاً تحتوى على الهواء الأرضى بما فيه من الاكسجين ذى الفائدة الكيميائية المعروفة .

وتلعب الميكروبات المشار إليها مع ما تحمله المواد البرازية من ميكروبات عادية أخرى ومع أوكسجين الهواء الأرضى دوراً كبيراً فى تنقية ما يتغلغل من المواد البرازية السطحية مما بها من مواد عضوية وما قد تشتمل عليه من ميكروبات ضارة .

أما تنقيتها للمواد العضوية فتحدث بتحليل تلك المواد ثم اكسدتها إلى مواد وغازات بسيطة التركيب وفى النهاية إلى أزوتات ذائبة غير كريهة الرائحة .

أما تنقيتها للميكروبات الضارة كالتيفود وغيره فتحدث بسبب وجود الميكروبات

الأرضية بالملايين فى بيئتها الطبيعية الصالحة لها . وسهولة توالدها وتكاثرها فى تلك البيئة مما يؤدى إلى حرمان الميكروبات الضارة من سهولة الحياة بجانبها وخاصة فى ذلك الوسط الذى يختلف اختلافاً تاما من حيث البرودة والغذاء عن بيئتها الطبيعية وهى الجسم الانسانى . ولذلك تقف الميكروبات الضارة عن التوالد ثم سرعان ما يتضاءل عددها تبعاً لقانون تنازع الوجود وبقاء الأقوى بين المخلوقات صغيرها وكبيرها .

أما إذا كانت المواد البرازية قد وضعت فى مكان أكثر عمقاً من تلك الطبقة العليا الشديدة النشاط . كما هو الحال فى المجارير الراشحة (أى الخزانات البرازية العادية) فإنه يحدث للميكروبات الضارة أيضاً مثل ما يحدث فى الطبقة العليا وإنما يسبب توالد الميكروبات البرازية العادية وحدها داخل المجرور وحوله مما يحرم الميكروبات الضارة (وهى أضعف منها) الحياة والاوكسجين كما أن المواد العضوية كذلك تنفى بالتحلل داخل المجرور ثم بالاكسدة خارجه فى طبقات الأرض وإنما إلى درجة أقل مما يحدث فى الطبقات العليا بسبب انعدام الميكروبات الطبيعية فى الأعماق .

على أنه قد اتضح من الأبحاث الحديثة (أنظر ذلك فيما بعد) أنه مقابل ما تخسره عوامل التنقية فى المجارير من فائدة الميكروبات الأرضية الطبيعية فانها تكسب بعد وقت قصير عاملا آخر ذا أهميـة قصوى لمقاومة انسياب التلوث فى الأرض وخاصة انسياب الميكروبات سواء أكانت ضارة أو غير ضارة ذلك العامل هو تغطية جوانب المجرور وقاعه وامتلأ مسام الأرض حوله بطبقة من المواد الغروية والراسبة تؤدى وظيفة مرشح فعال للميكروبات . وهذه الطبقة هى أشبه ما يكون بالطبقة الجيلاتينيه الحيوية التى تتكون على سطح المرشحات الرملية لمياه الشرب . والتى هى من الأهمية بمكان عظيم بحيث لا يسمح باستعمال مياه المرشحات المذكورة قبل تكوينها جيداً على سطح المرشح .

وتسمى هـذه الطبقة بالطبقة المانعة أو الطبقة المقاومة (Defence) وهى تزداد سمكا مع الزمن فتزداد قوة فى منع انسياب التلوث من المجارير .

هـذه باختصار هى العوامل البيولوجية والكيمائية التى تحدث فى الأرض وتقوم بجانب هـام فى مقاومة وصول التلوث البرازى إلى المياه الجوفية . ومع ذلك فإنها ليست العامل الوحيد الذى يعتمد عليه . بل إن هناك ما هو أكثر مقاومة للتلوث المذكور وهو عامل الترشيح فى طبقات الأرض السميكة .

٢ — **عامل التغذية الميكانيكية أو الترشيح فى طبقات الأرض :** تنقسم طبقات الأرض بصفة عامة كما هو معلوم إلى (طبقات مسمية) كالرمل والحصى والطبقات الطباشيرية وبعض الطبقات الجيرية وسواها و (طبقات صماء) لامسام لها كالجرانيت والأحجار البركانية . و (طبقات شبه صماء) أى ذات مسام ضئيلة الحجم لا تسمح بسهولة مرور المياه كالطبقات الطينية وبعض الأحجار .

ولما كانت الطبقات المسمية هى التى تخترقها المياه من الأمطار أو الأنهار أو الترع فتتغلغل فيها حتى تعترضها طبقات صماء أو شبه صماء فتتجمع فوقها . فإن تلك الطبقات هى التى تحفر أو تغرس فيها الآبار . وهى كذلك التى تنساب فيها المياه الملوثة من سطح الأرض أو المجارير .

ومما لا شك فيه أن تلك الطبقات المسمية تؤدى فى الأرض وظيفة مرشح فعال للمياه الجوفية التى تتغلغل فيها سطحية كانت أو غائرة . على أن درجة نقاء المياه بعد ذلك الترشيح تتعلق بعاملين أولين — هما (نوع التربة) فى تلك الطبقات . وسمكها أى (العمق) ما بين مصدر التلوث ومأخذ المياه فى البئر . (وقد يكون ذلك العمق وتريا إذا كان المجرور على مسافة من البئر فيزداد بذلك سمك الطبقات أمام التلوث) .

أما نوع التربة فمن المعلوم عامة للرجال الصحيين بالمشاهدة والتجربة أن أفضل الطبقات المسمية لترشيح الماء هى الطبقات الرملية وذلك لشدة مقاومتها لمرور الميكروبات والمواد المعلقة بسبب تماسكها وعدم تعرضها للتشقق كالطبقات الطباشيرية أو للذوبان كما يحدث للطبقات الجيرية والطباشيرية أيضاً بسبب وجود ثانى أوكسيد الكربون فى المياه الأرضية . وهو ما يعرضها لحدوث ميازيب وكهوف تمر فيها وإليها المواد الملوثة دون ترشيح .

وانه لمن حسن الحظ أن وادى النيل بمصر يتمتع من هذه الوجهة بميزة عظمى عن كثير سواه من الأقطار . إذ أن طبقات أرضه التى تغرس فيها الآبار هى طبقات متماسكة إما من رمال الصحارى أو الرمال التى حملها النيل من قديم الزمان مخلوطة أو مكدسة بعضها فوق البعض مع طبقات من الطين والحصى . وليس فيها طبقات طباشيرية كما لا تحتوى على طبقات جيرية إلا على أعماق بعيدة مجهولة بالوجه القبلى .

ومع أنه يصعب تحديد طبقات الطين والرمل والحصى فى أى جهة من جهات

القطر تحديداً مضبوطاً من وجهة الترتيب والعمق إلا بعد حفر الآبار بها . فإن اختبارات ومعلومات رجال الجيولوجيا فى عشرات السنين الماضية تدل على وجود الطبقات بالصفة الآتية أو ما يقرب منها فى أغلب الجهات المأهولة بالوادى (انظر صفحة ١١٨ من كتاب جيولوجيا القطر المصرى باللغة الانكليزية تأليف هيوم طبع الحكومة المصرية سنة ١٩٢٥) .

نوع الطبقـــــات	العمق (من إلى) تحت سطح الأرض
١ — طين مختلط أحياناً برمال من فيضان النيل ...	٠ — ٥ أمتار
٢ — طين به رمال	٥ — ١٠ »
٣ — رمل به طين	١٠ — ١٥ متراً
٤ — رمـل	١٥ — ٢٠ »
٥ — حصى (موجود عادة لدى أو حوالى)	٢٠ — ٢٥ »
٦ — طبقة طينية أخرى موجودة فى أغلب الجهات ما بين	٢٥ — ٣٠ »
٧ — رمال خشنة وحصى	٣٠ متراً فأكثر عمقاً
٨ — أسفل ذلك مجهول إلى الآن فى أغلب الجهات	

ويتبين من ذلك أن الآبار السطحية أو الحيشية . وعمقها أقل من عشرة أمتار . تتغذى عادة بالمياه السطحية الموجودة فى الطبقة الثانية وهى الطين الرملى . أما الآبار العميقة المسماة بالارتوازية فيغرسها أصحابها عادة كى تجلب المياه من الطبقة الخامسة وهى الحصى الموجود على عمق ٢٠ — ٢٥ متراً أو حوالى ذلك . أو من الطبقة السابعة الواقعة تحت الطبقة الطينية السفلى الموجود فى أغلب الجهات وعلى عمق ٣٠ متراً وأكثر .

كما يتبين أن مياه الآبار العميقة تتغلغل فى طبقات سميكة من الرمل بخلاف طبقات الحصى . والكثير منها يتغذى من تحت الطبقة الطينية شبه الصماء وكل هذا دون شك هو سبب ما نشاهده من نقاء مياه تلك الآبار نقاء عظيما فى مصر طالما كانت منشأة ومستعملة بطريقة صحية .

هذا وربما كان من المفيد فى هذا المقام أن نبين نتائج عوامل التنقية البيولوجية والكيمائية والميكانيكية فى تنقية مياه الشرب بل مياه المجارى كذلك من الميكروبات وذلك بأمثلة عملية معروفة للأطباء والمهندسين الصحيين نسوقها لمجرد الاستدلال .

(١) **المرشحات الرملية المستعملة لتنقية مياه الأنهار** : ينتخب الرمل لهذه المرشحات مما يبلغ حجمه الفعال (Effective Size) من ٠ر٢ — ٠ر٣ من المليمتر فى المرشحات البطيئة ومن ٠ر٣٥ — ٠ر٦٠ ملليمتراً فى المرشحات السريعة . (ملحوظة : يبلغ متوسط حجم حبيبات الرمال التى يجلبها فيضان النيل من ٠ر٢ إلى ٠ر٢٥ ملليمتراً . أما رمال الصحراء العادية فيبلغ حجم حبيباتها أقل قليلا من ملليمتر أنظر كتاب هيوم صفحة ٥٩) .

ويتكون المرشح بصفة عامة من ٦٠ — ٩٠ سنتيمتراً من الرمل تحتها ٦٠ — ٩٠ سنتيمتراً من الحصى المتدرج الأحجام . أى أن عمق الرمل لا يزيد فى أى مرشح عن ٩٠ سم . وعمق المرشح أجمعه لا يبلغ مترين . ولما كان هذا بطبيعة الحال عمقاً غير كاف للوصول إلى درجة عالية من التنقية فإن عملية الترشيح تعتمد فوق ذلك على تكوين الطبقة الجيلاتينية فوق الرمل وحول حبيباته العليا . وهذه الطبقة تتكون من المواد المعلقة والميكروبات وما قد يكون فى الماء من طحالب . وتشبه فى تكوينها وفائدتها — الطبقة المانعة السابق ذكر حدوثها فى المجارير الراشحة .

ويقف الماء عادة إلى عمق ٤٥ سم . أو أقل فوق المرشحات البطيئة وإلى عمق ١٢٠ سم . أو أقل فوق المرشحات السريعة .

وتبلغ درجة التنقية (بواسطة الـ ٦٠ — ٩٠ سم . من الرمل وما فوقها من طبقة جلاتينية) إلى درجة عظيمة إذ تقل الميكروبات بمقدار ٩٩٪ فى المرشحات البطيئة وبمقدار ٩٥ — ٩٩٪ أو حول ذلك فى المرشحات السريعة . (انظر صفحة ١٠٦٢ من كتاب الصحة العامة لمؤلفه روزناو طبعة سنة ١٩٣٥) .

ويدل هذا جليا على فائدة الرمل حتى بعمق قليل مع وجود الطبقة المانعة فى تنقية المياه . ومع أن حبيبات الرمل فى الطبقات المصرية قد تكون أكبر حجماً

من رمل المرشحات فإن وصول العمق فى الآبار إلى ٢٠ — ٣٠ متراً أو أكثر فى مثل تلك الطبقات مقابل ٩٠ سم . لا يجعل أثراً لهذا الفارق بل يزيد من نقاء المياه الجوفية العميقة عن مياه المرشحات كما هو المشاهد فعلا .

(ب) أحواض الملامسة لتنقية فائض مياه المجارى : تملأ هذه الأحواض إلى عمق ١ر٥ — ٢ر٥ متراً بأحجار صغيرة أو حصى يتراوح حجمها ما بين ٥ — ٥٠ ملليمتراً (أى من ٥ر — ٥ سم) ويرسل إليها فائض مياه المجارى بعد ترسيبها وذلك لتجرى تنقيته بالترشيح وبفعل الميكروبات التى تتجمع على الأحجار وفى مسامها . مع مدة ملامسة قدرها ساعتان .

وتؤدى التنقية فى هذه الأحواض إلى درجة عالية إذ تقل الميكروبات بنسبة ٨٠ — ٩٠٪ (أنظر صفحة ١١٥٦ كتاب روزناو السابق ذكره عن هذه الأرقام والأرقام التالية) مع أن ما تعالجه هو مياه كثيرة التلوث عضويا وميكروبيا . ومع أن الذى تحتويه هو قطع من الأحجار وليست رملا .

(حـ) المرشحات الرشاشة لتنقية فائض مياه المجارى : وهى طريقة شائعة فى مصر. ويتكون كل مرشح بعمق ١ر٥ — ٣ متراً من أحجار صغيرة أوحصى كاحواض الملامسة حجما . ويرسل إليها فائض مياه المجارى بعد ترسيبها كى يجرى ترشيحه باستمرار مع تهويته بالرش فوقها . ويؤدى ذلك إلى تخفيض عدد الميكروبات بنسبة ٩٠ — ٩٥٪ .

(د) تنقية فائض مياه المجارى بطريقة الترشيح الرملى : لعل هذه الطريقة أقرب الأمثلة إلى الأحوال الطبيعية . فإن فائض مياه المجارى بعد ترسيبها ترسل للترشيح والتنقية البيولوجية والكيمائية فوق أرض رملية بها مواسير صرف على عمق ١ — ٢ر٥ متراً لجمع الفائض بعد ترشيحه .

وينتج من هذه الطريقة فائض نهائى على درجة عظيمة من النقاء والصفاء إذ تنخفض فيه الميكروبات بنسبة ٩٥ — ٩٨ ٪ مع أن عمق الرمل الذى اخترقه لا يزيد عن ١ — ٢ر٥ متراً .

(هـ) تنقية مياه المجارى بطريقة رى مزرعة : فى هذه الطريقة ترسل مياه المجارى كما هى دون ترسيب للاستعمال فى رى مزرعة كبيرة ذات أرض رملية . (وهى

غير مزارع المجارى التى تروى بالفائض النهائى من أحواض الملامسة أو المرشحات الرشاشة) . وفى البلاد المتبعة فيها هـذه الطريقة يحدث انخفاض فى عدد الميكروبات بمقدار عظيم أيضاً وهو ٩٧ — ٩٩ ٪

(ملحوظة : مزرعة المجارى بالجبل الأصفر تستعمل فى ريها مياه المجارى وإنما بعد ترسيب بسيط وقـد صار ذات مرة فحص المياه السطحية على عمق ١٫٥ متر فى تلك المزرعة فاتضح أنها خالية تماماً من باسيل القولون) .

وكل هذه الأمثلة تبين بصفة جلية أهمية عاملى التنقية فى مقاومة وصول الميكروبات حتى إلى أعماق قليلة وحتى فى رمال كبيرة الحبيبات كرمال الصحراء التى تتكون منها أغلب الطبقات الرملية فى الأرض المصرية بل كذلك فى الحصى الصغير الحجم أيضاً .

هذا وقبل أن نزيد على ذلك نتائج بعض الأبحاث والتجارب الحديثة التى أجريت بصفة مباشرة على المجارير والآبار فى طبقات الرمل والطين . فإنه يجدر أولا الكلام عن العامل الثالث الذى يتعلق به أيضاً تغلغل التلوث من سطح الأرض أو المجارير إلى المياه الجوفية .

٣ — **حركة المياه الجوفية ومستواها** : للمياه الجوفية حركتان طبيعيتان رئيسيتان إحداها (حركة رأسية) من أعلا لأسفل بفعل الجاذبية الأرضية فتتغلغل المياه من مصادرها فى طبقات الأرض المسمية حتى تتجمع على الطبقات الصماء أو شبه الصماء . والأخرى (حركة أفقية) تنساب فيها تلك المياه المتجمعة إلى المصب الطبيعى وهو عادة البحر .

ومن المعتاد تقسيم المياه الجوفية إلى (مياه سطحية) أى عليا تحت سطح الأرض وهى التى تغرس فيها الآبار الحبشية أو السطحية ومصدرها عادة مياه الرشح القريبة . (ومياه فائرة) تقع تحت السابقة وقد توجد أولا توجد بينهما طبقة صماء أو شبه صماء وهذه المياه تأتى من مصدر بعيد عن المكان الموجودة به .

والطبقة المائية العليا معرضة بسبب قربها من السطح إلى تذبذب فى مستواها الأعلى وفى حركتها الأفقية . ففى الفيضان مثلا بمصر أو لدى امتلاء الترع فى أى وقت من السنة يرتفع منسوب الماء العليا فى الأرض حتى أنها لتغمر المجارير وتقترب من السطح فتزداد تلوثاً كما أن — اتجاهها الأفقى لا يسير مستقيما إلى الشمال بل ينحرف

قليلا شرقاً وغرباً وعند امتلاء النيل مبتعداً عنه . ثم ينحرف ثانياً نحو النيل من الجانبين عند انخفاض الفيضان .

أما المياه الغائرة أو العميقة وهى ذات الأهمية فى موضوعنا اليوم فهى أبعد عن التأثر لهـــذه الدرجة بالعوامل الثانوية المشار إليها . وذلك بسبب عمقها وانعزالها بطبقة صماء فى أغلب الأحيان وبعدها بذلك من المؤثرات السطحية . ولذلك فانها تسرى فى مصر عامة من الجنوب إلى الشمال وإنما ببطء شديد .

ويستنتج مبدئيا مما ذكر عن مستوى المياه الأرضية وحركتها رأسيا وأفقيا الأمران الآتيان .

أولا — أنه يجب تفضيل المياه العميقة صحيا على المياه السطحية لأن الأخيرة قريبة من مصادر التلوث ومعرضة لزيادة التلوث عند ارتفاع مستواها .

ثانياً — أنه ما دام تيار المياه الأرضية يجرى من الجنوب إلى الشمال فى مصر فإنه يجب الحرص قدر الإمكان على عدم وجود مصادر للتلوث وخاصة المجارير الراشحة جنوبى موقع البئر إلا على بعد كاف لمنع التلوث بالترشيح فى طبقات الأرض .

هذا ومع اختلاف حركتى المياه السطحية والغائرة بالصفة السابق ذكرها فإن هناك عاملا آخر جديراً بالذكر يؤدى إلى تغيير المستوى وخاصة فى الآبار السطحية أو الحبشية أو العميقة التى لا تخترق طبقة صماء أو شبه صماء . وذلك هو قوة السحب من الآبار . فالمعروف أن سطح المياه إذ ذاك حول البئر يؤخذ شكلا قمعيا رأسه فى أسفل البئر ومحيط قاعدته بعيد عن البئر ويحيط به من كل جانب . أى أن البئر عند إدارته يتغذى بالماء من جميع الجهات وليس فقط من الجنوب . وكلما زاد السحب زاد محيط ذلك المخروط المائى اتساعاً .

وقد اتخذ ذلك دليلا على أن الآبار السطحية أو الحبشية أو الآبار العميقة التى لا تخترق طبقة صماء قد تسحب إليها التلوث قبل تنقيته ليس من المجارير الواقعة جنوبها فى مصر مثلا فحسب بل كذلك من المجارير الواقعة شمالا أو شرقاً أو غرباً إذ تتغلب قوة السحب على قوة التيار المضاد فى تلك الأحوال أما الآبار العميقة أسفل الطبقات الصماء أو شبه الصماء فلا يحدث بها ذلك لوجود تلك الطبقات كحاجز قوى للتلوث فوقها .

ومع أن الأبحاث الحديثة (انظر ذلك فيما بعد) قد اثبتت عدم حدوث هذا التلوث المضاد لتيار المياه الجوفية حتى لو كان المجرور على بعد قليل من البئر . ومع أنه قد اتضح كذلك أنه بالرغم من قوة السحب من الآبار واتساع محيط المخروط المائى حولها فإن سريان المياه فى الطبقات الأرضية لا يكون سريعاً إلا فى الجهة المجاورة للبئر ثم تتضاءل السرعة بنسبة عكسية فى البعد عنه مما يدعو لجودة الترشيح فى الأطراف فلا يزال من المتفق عليه بصفة عامة أنه لزيادة الحرص فى وقاية الآبار عامة يجب أن تكون بعيدة البعد الكافى عن مصادر التلوث ليس من جهة التيار المائى فى الأرض فحسب بل كذلك من كل جهة . بحيث يتوفر بذلك البعد مع عمق البئر وجود طبقة سميكة من الأرض لمنع التلوث من كل جانب ونسمى تلك المسافة بحرم البئر وهو ما سنتناوله الآن بالكلام .

حرم البئر : يفهم مما سبق ذكره من العوامل المختلفة أن مدى الحرم النظيف الذي يجب تقريره لوقاية الآبار من التلوث يتعلق بثلاثة أمور هامة . وهى ما يأتى :

أولا — نوع طبقات الأرض : إذ أن بئراً يغرس فى طبقات رملية متماسكة كمصر لا يحتاج إلى حرم واسع مثل بئر فى طبقات كلها واسعة المسام كالحصى أو فى أرض من الطباشير أو الطبقات الجيرية قابلة للتشقق والذوبان كما هو الحال فى أغلب جهات انكلترا مثلا . كما أن بئراً عميقاً يتغذى من مياه سفلى تحت طبقة صماء أو شبه صماء لا يحتاج إلى حرم واسع كبئر لا يخترق تلك الطبقة التى تقى الآبار حتى من مجرور علوى مجاوراً لها .

ثانياً — عمق البئر : إذ أن بئراً عمقه ٢٠ — ٣٠ — ٤٠ — ٥٠ متراً كالآبار العميقة المقترح تعميمها فى القرى المصرية لا يحتاج إلى حرم واسع مثل بئر سطحية أو جبشية لا يتجاوز عمقها ٨ — ٩ أمتار .

ثالثاً — قوة السحب من البئر : وخاصة إذا كان بئراً سطحياً أو جبشياً أو غير واصل تحت الطبقة الصماء — فبئر قرية سكانها ٣٠٠٠ نسمة يحتاجون على الأكثر إلى ١٠٠ متر مكعب فى اليوم ولا يستعملون البئر إلا فى فترات قصيرة لملء صهريج صغير لا موجب فيه إلى حرم واسع مثل بئر أو عدة آبار متجاورة يسحب منها يومياً ٨٠٠٠ متراً مكعباً مثلا لتغذية سكان مدينة كبيرة كمصر الجديدة والضواحى المجاورة يبلغ عددهم نحو ٨٠ ألفاً بواقع ١٠٠ لتر لكل شخص . أو مثل آبار روض الفرج

ألتى كانت تغذى مدينة القاهرة بثلاثين ألف متر مكعب فى اليوم . ولا يكاد يقف السحب منها فى النهار أو الليل . كما أن بئراً لعائلة واحدة لا يستلزم حرماً كبئر قرية كاملة .

(ملحوظة : يمكن معرفة مساحة قاعدة المخروط الذى يسببه السحب من الآبار وبالتالى معرفة الحرم اللازم بالنسبة لذلك السحب وبالنسبة لنوع الطبقات الأرضية لوقاية الآبار الحبشية أو السطحية أو العميقة التى لا تخترق طبقة صماء أو شبه صماء بالطريقة الحسابية الآتية :

يعرف أولا (ا) أقصى كمية ينتظر سحبها من البئر فى اليوم . (ب) الكمية الممكن الحصول عليها من كل متر مكعب من تربة الطبقة الأرضية حول البئر بعد تشبيعها . (ج) الهبوط الذى يحدث فى مستوى المياه داخل البئر بسبب شدة السحب . وهذا هو ارتفاع المخروط المائى .

فإذا قسمنا (ا) على (ب) كان الناتج هو حجم المخروط من الأرض الذى يغذى البئر بالمياه ولما كان المعروف هندسيا أن حجم المخروط يساوى قاعدته × ⅓ الارتفاع فمن السهل إذا معرفة مساحة القاعدة ومن ذلك يعرف نصف قطرها وهو الحرم اللازم للبئر .

مثال ذلك : بئر فى أرض رملية من النوع السطحى أو الحبشى أو العميق الذى لا يخترق طبقة صماء يسحب منه ١٠٠ متر مكعباً فى اليوم ويهبط فيه مستوى المياه بمقدار ٣ أمتار بعد السحب فما هو الحرم اللازم لوقاية ذلك البئر إذا علمنا جيولوجيا أن المتر المكعب من الرمل المشبع يعطى نحو ٢٤٥ر٠ متراً مكعبا من الماء فى اليوم ؟

الجواب : (١) حجم المخروط الأرضى هو $\frac{١٠٠}{٠٫٢٤٥}$ يساوى ٤٠٨ متراً مكعباً من الرمل .

(٢) مساحة قاعدة المخروط المشار إليه هى $\frac{١٠٠}{٠٫٢٤٥} \times \frac{١}{٣} = ٤٠٨$ متراً مربعاً

(٣) مربع نصف قطر القاعدة هو $\frac{٤٠٨}{٣٫١٤١٦} = ١٣٠$ متراً مربعاً تقريباً .

(٤) نصف القطر يساوى ١١ر٤ متراً وهو مدى الحرم المطلوب لذلك البئر بالنسبة لأحواله المذكورة .

(أنظر صفحة ٥٣ كتاب فحص المياه وموارد المياه بالانكليزية طبعة ١٩٣٣ لمؤلفه (Thrush, Boale & Suckling) .

وبالرغم من هذه العوامل التى تختلف فيها حالة بئر عن آخر فقد كان الاحصائيون فى مياه الشرب (ولا يزال بعضهم) يتجاهلون تلك العوامل متبعين قاعدة غير علمية وهى تحديد بعد واحد لحرم الآبار مهما كانت أحوالها . ويختلف الحال فى ذلك ما بين قطر وآخر ففى انجلترا مثلا يستلزمون حرم مداه ١٠٠ قدم (٣٠ متراً) حول كافة الآبار إذ وجدوا ذلك بالتجربة كافياً فى طبقاتهم الجيرية الطباشيرية . بينما فى مصر تتبع قاعدة ٥٠ متراً بينما أن آبارنا فى طبقات متماسكة التربة قوية الترشيح .

وقد شعر كثير من الرجال الصحيين بهذا العيب العلمى ولذا فقد بدأوا من زمن طويل فى تصحيح هذا الموقف وذلك أولا — بالتزام فحص مياه الآبار والتأكد من نقاءها بكتيريولوجيا سواء أكان الحرم ١٠ أو ٢٠ أو ٣٠ أو ٥٠ متراً أو أكثر فإذا وجدت يوماً ما ملوثة ولم يمكن اكتشاف مصدر التلوث وإزالته نقلت مواسير البئر إلى حرم آخر . ثانياً — بالحرص على منع نشوء مصادر جديدة للتلوث فى حرم الآبار النقية المسموح بها . ثالثاً — بإجراء تجارب وإبحاث لبيان المدى الذى يسرى إليه التلوث من المجارير إلى الآبار بالنسبة إلى العوامل المختلفة السابق ذكرها .

(ملحوظة مما يجدر بالذكر أن القوانين الصحية حتى منذ القرن الماضى لا تجيز إزالة بئر من الآبار قبل فحص مياهه والتأكد من تلوثها (أنظر المادة الخامسة من القرار الوزارى بإنشاء واختصاصات القومسيونات الصحية الصادر فى ١١ مايو سنة ١٨٩٥ والذى لا يزال متبعاً إلى اليوم) .

وهذا يدل على أن الاعتبار الأول فى نظر العلم الصحى كان ولا يزال منحصراً فى نقاء مياه الآبار وليس مجرد الحرم المحيط بها) .

وقد كان فيما تم إلى اليوم من الأبحاث ما غير وجه النظر كثيراً فيما يتعلق بحرم الآبار وخاصة بعدها عن المجارير وهى أسوأ مصادر التلوث وما جعل المؤلفات الصحية الحديثة تمتنع تدريجيا عن وضع قاعدة ثابتة لمدى ذلك الحرم . لافتة النظر إلى العوامل المختلفة الواجب مراعاتها تاركة للرجال الصحيين المحليين وضع القواعد التى تناسب بلادهم وتناسب مواقع ومدى استعمال الآبار المختلفة .

ونوجز فيما يلى أهم تلك الأبحاث :

أبحاث J. J. Kligler (أنظر الرسالة ١٥ سنة ١٩٢١ من معهد روكفلر للابحاث

الطبية بنيويورك وكذلك صفحة ٤٣١ كتاب الصحة فى البلاد الحارة لمؤلفه J. B. Kirk سنة ١٩٣١) دلت هذه الأبحاث على أن مجروراً عمقه من ٣ — ٥ أقدام لا يؤدى إلى تلوث المياه الجوفية السطحية بالميكروبات المعوية الضارة إذا كان هناك ما عمقه ٧ — ١٠ أقدام أى نحو ٢ — ٣ متراً فقط) من الطبقات الأرضية المتماسكة بين قاع المجرور ومستوى المياه .

أبحاث C. W. Stiles & H. B. Corhurst .

أنظر Public Health Report عدد ٢٤ مجلد ٣٨ فى ١٥ يونيو سنة ١٩٢٣ وكذلك صفحة ٤٣٢ من كتاب Kirk (السابق ذكره) دلت هذه الأبحاث على أن باسيل القولون فى مجرور بشكل خندق لا يسرى بتاتاً من ذلك المجرور فى الأرض إلا إذا غمرته مياه الرشح . وإذ ذاك يسرى أفقيا مسافة وجيزة ولكنه لا يسرى إلى أسفل إذ ترشحه طبقات الأرض فلا يصل إلى الآبار الأكثر عمقاً عن المجرور . كما دلت تلك الأبحاث أيضاً على أن التلوث يسرى فقط مع تيار المياه الأرضية وليس مضاداً لها .

أبحاث Elfroda Cordwall & C. (انظر Journal of Infections Diseases عدد ٢ سنة ١٩٣٧ من صفحة ١٤٨ وعدد ٣ سنة ١٩٣٧ من صفحتى ٢٦٤ و ٢٧٠ وعدد ٣ سنة ١٩٣٨ من صفحتى ٢٢٥ و٢٧٢) .

تعتبر هذه الأبحاث من النوع (الكلاسيكى) أى النموذجى أو المثالى من الوجهة العلمية إذ أجريت على نطاق واسع دقيق وفى عدة سنوات منذ سنة ١٩٢٩ مدعمة بالأبحاث الجيولوجية والبكتريولوجية والكيماوية . وبالمشاهدات فى الأحوال الطبيعية وفى أحوال تجريبية لتتبع مدى التلوث إلى الآبار الحبشية من مجارير راشحة واصلة إلى الطبقة المائية . وذلك فى طبقات من الأرض تتكون من رمال وطين وحصى فى ولاية الاباما بالولايات المتحدة الأمريكية .

(ملحوظة : الآبار الحبشية مستعملة كثيراً فى قرى أمريكا وسواها من القارات ولذا أعطيت تلك الأهمية فى التجارب المشار إليها . وبطبيعة الحال أن النتائج المستخلصة عنها يمكن تطبيقها بكل طمأنينة على الآبار العميقة البعيدة عن التلوث .

أما المجارير الواصلة إلى الطبقة المائية وهى التى أجريت التجارب عليها فهى أسوأ

أنواع المجارير صحيا إذ تدعو لتلوث المياه الأرضية أكثر من سواها) .

وقد عدلت هذه التجارب والأبحاث وجهة نظر العلم الصحى فعلا بنتائجها . وقد اتضحت منها الحقائق الآتى ذكرها باختصار :

أولا : إن طبقات الأرض المتماسكة حتى فى أسوأ الأحوال (وهى السحب من البئر مع ارتفاع مستوى الطبقة المائية) تمنع تسرب الميكروبات من المجارير الحديثة الإنشاء إلى أبعد من ٣٥ قدماً أى ١١ متراً من المجرور .

ثانياً : إن ذلك التسرب يتجه مع تيار المياه الأرضية ولا يحدث فى اتجاه مضاد لذلك حتى لو كان البئر الذى تسحب منه المياه حبشيا واقعاً على بعد ١٠ أقدام (٣ أمتار) فوق تيار أقل مجرور .

ثالثاً : إن المجارير يظهر فيها بعد وقت قصير من استعمالها عامل المقاومة لتسرب التلوث وذلك بتغطية قاعها وجوانبها وامتلاء مسام الأرض حولها بالطبقة المانعة ولذلك سرعان ما تتضاءل مسافة التسرب السابق ذكرها حتى تصل فى مدى سبعة شهور إلى حدود المجرور ذاته .

رابعاً : إنه لدى ارتفاع منسوب الطبقة المائية مرة أخرى لا يعود التسرب الميكروبى إلى البعد الأول وهو ٣٥ قدماً بل إنه لا يتجاوز ١٠ أقدام (٣ أمتار) فقط وذلك فى طبقات الأرض العليا التى لم تتكون فيها الطبقة المانعة بعد وسرعان ما يتضاءل هذا التسرب أيضاً بعد ذلك إلى حدود المجرور .

خامساً : إنه يجب التفرقة فى التسرب ما بين (ا) المواد العضوية الذائبة و (ب) الميكروبات فالأولى لأنها ذائبة تستطيع التسرب من مجرور حديث إلى مسافة نحو ٨٥ قدماً أى (٢٥ متراً) فى أسوأ الأحوال أى مع سحب المياه من البئر وارتفاع منسوب الطبقة المائية . ثم تعود كذلك للتضاءل بسبب تكوين الطبقة المانعة بينما أن الميكروبات لأنها ذات جسم لا تستطيع التسرب إلا إلى ٣٥ قدماً والتلوث الميكروبى بطبيعة الحال هو المهم من الوجهة الصحية . إذ أن المواد العضوية الذائبة لا تسبب عدوى كما أنها تتأكسد فى الطريق فلا تضر المياه أو شاربيها .

ويستخلص من هذه الأبحاث باختصار أن بئراً فى أرض متماسكة يبعد عن المجارير بمسافة ١١ متراً من الجهة القادم منها تيار المياه الأرضية و٣ أمتار من الجهات الأخرى

لا تصل إليه الميكروبات البرازية من المجرور ولو كان ذلك البئر سطحيا أى لا يتجاوز عمقه ٨ — ٩ أمتار ولو كان المجرور واصلا إلى الطبقة المائية أى أردأ أنواع المجارير من الوجهة الصحية وكان كذلك حديث الإنشاء فلم تتكون فيه بعد الطبقة المانعة .

أبحاث بعثة روكفلر فى مصر : أجريت هـذه الأبحاث فى قرية بهتيم بالقليوبية لمـدة ثلاث سنوات وذلك على غرار التجارب السابق ذكرها إذ غرست آبار حبشية على أبعاد متفاوتة حول أحد المجارير الراشحة الذى كان يستعمل باستمرار لتبرز الأهالى وقد اتضح من تلك الأبحاث ما يأتى : — إن التلوث بالميكروبات لا يحدث فى الآبار الواقعة على بعـد ٣ متر من المجرور فى أى الجهات الأصلية الأربع ولو أنه عثر على أثر بعض الأملاح الذائبة التى مصدرها المجرور فى المياه الواقعة على هذا البعد .

. . . .

هـذه هى الأبحاث العملية التى نستشهد بها مع الأمثلة السابق ذكرها لنبين أن منع وصول التلوث الميكروبى إلى الآبار حتى السطحية أو الحبشية منهـا لا يستدعى حرماً أكثر من ١١ متراً فى أسوأ الظروف (أبحاث Cardwell .) مع بناء حيطان البئر أو غرس مواسير صماء إلى عمق ٣ أمتار على الأكثر تحت قاع المجرور (أبحاث Kligler .) وذلك فى الأراضى المتماسكة التربة كما الحال فى القطر المصرى .

ولما كانت الآبار العميقة المسماة بالأرتوازية المقترح تعميمها فى ثلاثة أرباع الريف المصرى لحل مشكلة المياه النقية فى القرى تبلغ من العمق ٢٠ — ٣٠ — ٤٠ — ٥٠ — متراً وتفضل بذلك كثيراً الآبار الحبشية والسطحية فمن الواضح أن حرماً مداه ١١ متراً حولها يكون أكثر من الكفاية من الوجهة العلمية طبقاً لتلك الأبحاث فإذا أردنا الاحتياط زدنا ذلك إلى ٢٠ متراً كما هو رأى أحدنا (الوكيل) أما اتباع قاعدة ٥٠ متراً فهو مبالغة فى الاحتياط لا مبرر لها إلا إذا كان البئر سيخدم مدينة وليس قرية.

والخلاصة أننا نرى فيما يأتى احتياطات وضمانات صحية كافية كل الكفاية :

١ — أن يكتفى فى إنشاء الآبار العميقة بالقرى المصرية بحرم نصف قطره ٢٠ متراً حول البئر إذا أمكن فإذا كانت المسافة ممكنة أقل من ذلك وكان البئر واصلا إلى أسفل الطبقة الطينية فإنه يمكن قبول ١١ متراً أو أقل إذا دل الفحص على نقاء المياه من الميكروبات .

٢ — أن ينشأ البئر بصفة جيدة وتنظيفه وعلى عمق يصل إلى طبقات الحصى الأولى أو الثانية .

٣ — أن تفحص مياهه بكتريولوجيا قبل الاستعمال للتأكد من نقاءها ثم تفحص دوريا بعد ذلك طبقاً للنظام المتبع فعلا فإذا تلوثت وهو أمر نادر وجب البحث عن مصدر التلوث وازالته وإلا وجب نقل مواسير البئر إلى مكان آخر .

ومما يجدر بالذكر أن تقرير العمل البكتريولوجى بإن مياها ماهى صالحة بكتريولوجيا هو أمر جدير بإن يعتمد عليه كل الاعتماد إذ الخطأ فى فحص المياه يفرض حدوثه لا يتأتى إلا عكسياً أى بتقرير أن مياه نقية هى مياه ملوثة فيكون السبب فى ذلك عادة هو الاهمال فى أخذ العينة كاستعمال الأوانى غير المعقمة أو ملامسة المياه فيما بالايدى وما أشبه ذلك .

٤ — يجب الحرص على عدم نشوء مصادر جديدة للتلوث بتاتاً وخاصة المجارير داخل حرم البئر بعد انشائه .

٥ — يجب كذلك تحريم الطريقة السيئة الجديدة التى ابتكرها أو اقتبسها بعض المهندسين فى مصر أخيراً وهى تصريف المتخلفات السائلة من المصانع والمنشئات الأخرى فى الريف بمواسير إلى الطبقات العميقة فإن هذه الطريقة كبيرة الخطر إذ تؤدى إلى إزال التلوث للمياه العميقة دون تنقية وإذا جاز السماح بها فلا يكون ذلك إلا فى شمال الدلتا والفيوم ومنطقة قنال السويس حيث المياه الجوفية مالحة لا تستعمل للشرب .

٦ — إذا زاد عدد السكان فى قرية زيادة كبيرة أو زاد استهلاك المياه بسبب آخر فإنه من المستحسن احتياطياً لمنع التلوث بشدة السحب إنشاء بئرين فى القرية وليس بئراً واحداً .

وأخيراً نرجو أن تكون قد بينا وجهة نظرنا فى هذا الموضوع بما يقنع . وأن تكون هذه المذكرة سبباً آخر فوق الأسباب الصحية والاقتصادية الأكيدة للمواقفة على سرعة تعميم الآبار العميقة حيثما توجد مياهها صالحة طعماً ونقاء فى القرى المصرية .

وأن تكون كذلك سبباً فى مراجعة القواعد المتبعة الآن لحرم الآبار فى مصر بحيث توضع على ضوء الأبحاث السابق ذكرها قواعد جديدة مختلفة لكل نوع من

الآبار حسب عمقها ونوع استعمالها . إذ تختلف فى ذلك الآبار السطحية عن الآبار العميقة والأكثر عمقاً . والآبار التى تستعملها عائلة وقرية ومدينة صغيرة وكبيرة .

ونعتقد على كل حال أنه من التعجيز المالى الذى لا موجب صحى لتكليف الدولة به أن نضطرها لشراء فدانين ونصف فدان لغرس بئر حرمه ٥٠ متراً فى كل قرية بينما أن نصف فدان أو أقل يكفى لذلك فى القرى مع الضمانات الصحية القوية السابق ذكرها .